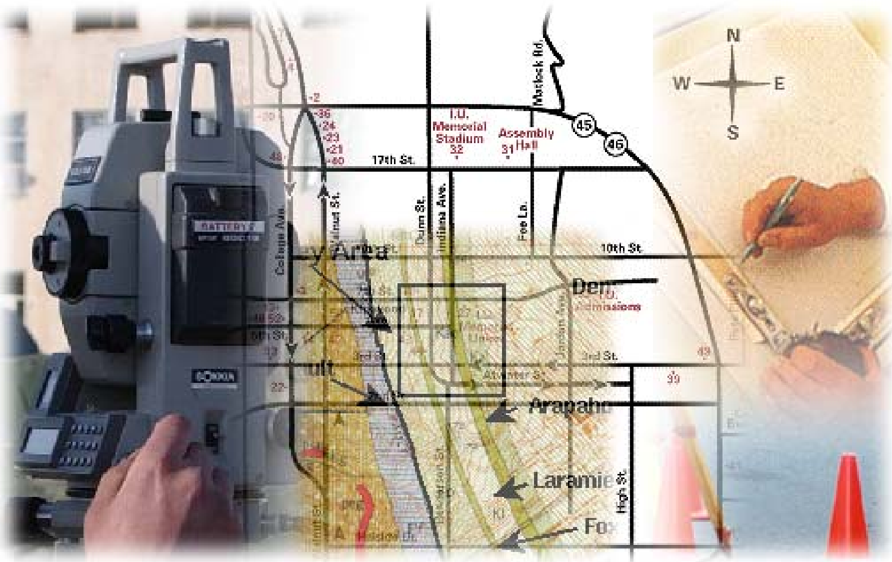
المملكــة العربيــة الســعودية
المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني
الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج

قررت المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني تدريس هذه الحقيبة في " المعاهد الثانوية الفنية "

المساحة

التوقيع المساحي

الصف الثالث



نسخة أولية 1424

مقدمة

الحمد لله وحده، والصلاة والسلام على من لا نبي بعده، محمد وعلى آله وصحبه، وبعد:

تسعى المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني لتأهيل الكوادر الوطنية المدربة القادرة على شغل الوظائف التقنية والفنية والمهنية المتوفرة في سوق العمل، ويأتي هذا الاهتمام نتيجةً للتوجهات السديدة من لدن قادة هذا الوطن التي تصب في مجملها نحو إيجاد وطن متكامل يعتمد ذاتياً على موارده وعلى قوة شبابه المسلح بالعلم والإيمان من أجل الاستمرار قدماً في دفع عجلة التقدم التنموي، لتصل بعون الله تعالى لمصاف الدول المتقدمة صناعياً.

وقد خطت الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج خطوة إيجابية تتفق مع التجارب الدولية المتقدمة في بناء البرامج التدريبية، وفق أساليب علمية حديثة تحاكي متطلبات سوق العمل بكافة تخصصاته لتلبي متطلباته، وقد تمثلت هذه الخطوة في مشروع إعداد المعايير المهنية الوطنية الذي يمثل الركيزة الأساسية في بناء البرامج التدريبية، إذ تعتمد المعايير في بنائها على تشكيل لجان تخصصية تمثل سوق العمل والمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني بحيث تتوافق الرؤية العلمية مع الواقع العملي الذي تفرضه متطلبات سوق العمل، لتخرج هذه اللجان في النهاية بنظرة متكاملة لبرنامج تدريبي أكثر التصاقاً بسوق العمل، وأكثر واقعية في تحقيق متطلباته الأساسية.

وتتناول هذه الحقيبة التدريبية " التوقيع المساحي " لمتدربي قسم" المساحة" للمعاهد الفنية للمراقبين الفنيين موضوعات حيوية تتناول كيفية اكتساب المهارات اللازمة لهذا التخصص.

والإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج وهي تضع بين يديك هذه الحقيبة التدريبية تأمل من الله عز وجل أن تسهم بشكل مباشر في تأصيل المهارات الضرورية اللازمة، بأسلوب مبسط يخلو من التعقيد، وبالاستعانة بالتطبيقات والأشكال التي تدعم عملية اكتساب هذه المهارات.

والله نسأل أن يوفق القائمين على إعدادها والمستفيدين منها لما يحبه ويرضاه، إنه سميع مجيب الدعاء.

الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج

تمهيد

الحمد لله الذي بنعمته تتم الصالحات ، وأصلى وأسلم على النبي الهادي الأمين محمد بن عبدالله وعلى آله وصحبه ومن تبعهم بإحسان إلى يوم الدين .

تعتبر دراسة المنحنيات ذات أهمية كبيرة في كثير من المشروعات وخصوصا مشروعات الطرق والسكك الحديدية وأعمال الري .

وتستعمل المنحنيات عموماً في الأعمال الهندسية للتغيير في اتجاه خط مستقيم إلى اتجاه خط مستقيم آخر سواء أكان ذلك في المستوى الأفقي ويسمى (منحنى أفقي) أو في المستوى الرأسي ويسمى (منحنى رأسي).

وفي المستوى الأفقي يوصل المنحنى الأفقي هذين الاتجاهين لتفادي التغير المفاجئ في الانحراف ويكون هذا المنحنى مماساً لهما .

المملكـــة العربيـــة الســـعودية
المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني
الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج

التوقيع المساحي

المنحنيات الأفقية

المنحنيات الأفقية

١

الوحدة الأولى : المنحنيات الافقيه

الجدارة :

أن يتعرف المتدرب على المنحنيات الأفقية وأنواعها.

الأهداف :

بنهاية هذا التمرين سيتعرف المتدرب بإذن الله على أنواع المنحنيات الأفقية ، وكذلك أجزاء المنحنى الأفقي البسيط وكيفية حساب أجزاء المنحنى الأفقي البسيط .

مستوى الأداء :

أن يصل المتدرب إلى نسبة ١٠٠٪ من الهدف وهو التعرف على أنواع المنحنيات الأفقية وكيفية حساب أجزاء المنحنى الأفقي البسيط .

الوقت المتوقع للتدريب :

٦ ساعات

الوسائل المساعدة :

١ - اتباع الأساليب المذكورة في الوحدة .

٢ - حل الأمثلة لتحقيق الجدارة المطلوبة .

المنحنيات الأفقية

تعريف المنحنيات الأفقية:

المنحنى الأفقي أبسط أنواع المنحنيات ويستعمل عموماً للتغيير من اتجاه خط مستقيم إلى اتجاه خط مستقيم آخر لتفادى التغير المفاجئ في الانحراف ويكون هذا المنحنى مماسا لهما.

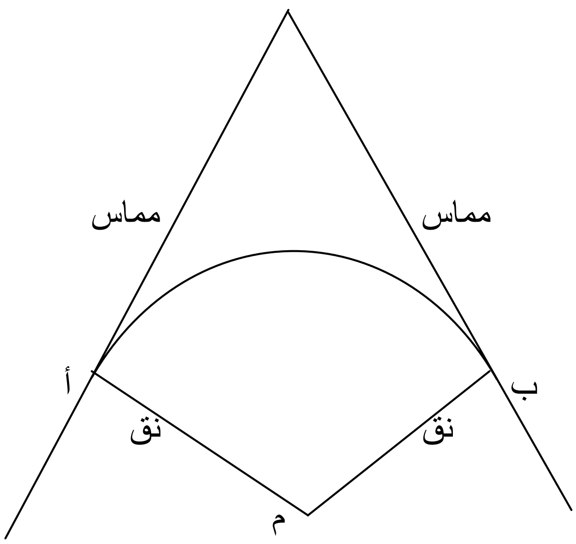
والأسس العامة للتخطيط لهذه المنحنيات عموماً واحدة في جميع المشروعات وإن كانت تختلف تبعاً لنوع ودقة العمل المطلوب.

ففي مشاريع الطرق الرئيسة والسكك الحديدية تكون أنصاف أقطار المنحنيات الدائرية كبيرة ويحتاج الأمر إلى دقة عالية جداً في تخطيط هذه المنحنيات أما في مشاريع الري والطرق الثانوية تكون أنصاف أقطار المنحنيات صغيرة ولا تحتاج إلى دقة كبيرة في توقيعها .

أنواع المنحنيات :

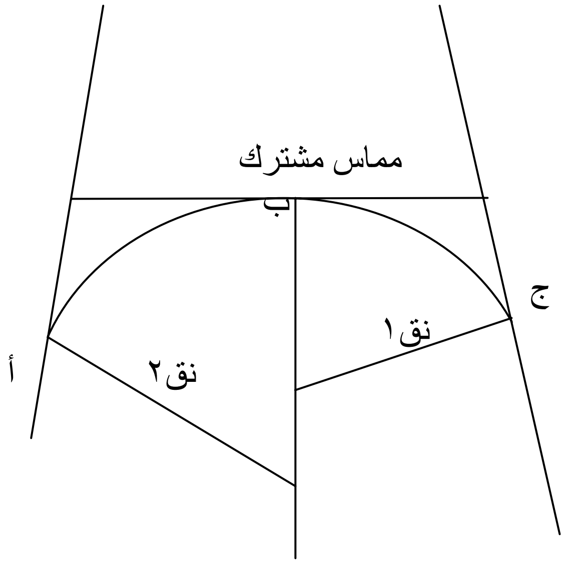
١ - المنحنى الدائري البسيط :

وهو عبارة عن قوس من دائرة نصف قطرها ثابت ويصل بين اتجاهين مستقيمين ويكون مماساً لهما وهذا النوع يعد أبسط أنواع المنحنيات وأسهلها في التوقيع والتخطيط .



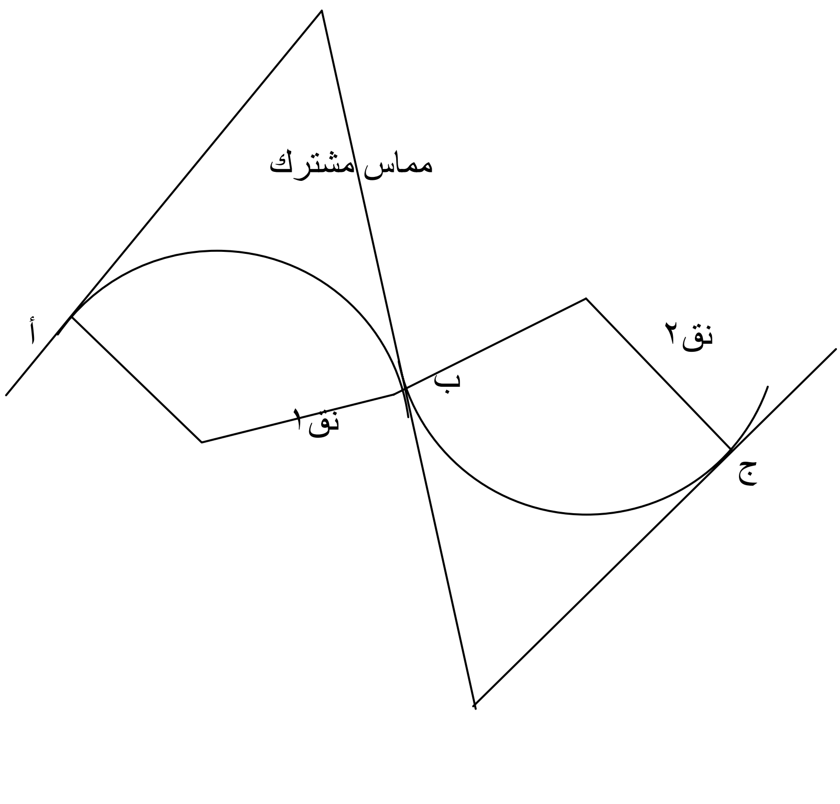
٢ - المنحنى الدائري المركب :

وفيه يتصل الاتجاهان ببعضها عن طريق قوسين من دائرتين ذواتي أنصاف أقطار مختلفة وتقع مراكز الدوائر في جهة واحدة عن المنحنى .



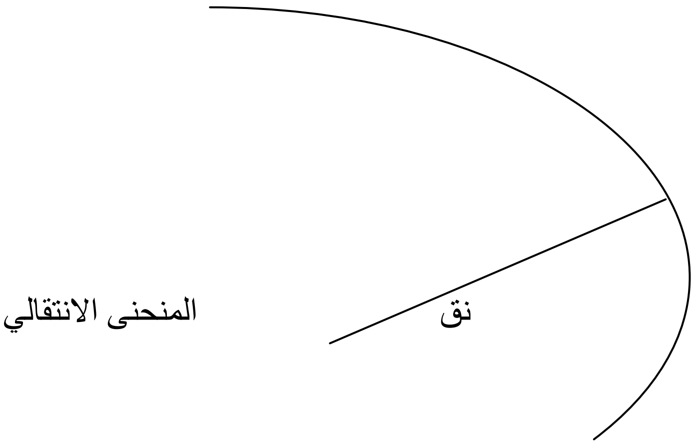
٣ - المنحنى الدائري العكسي :

وفيه يتصل الاتجاهان ببعضهما عن طريق قوسين في دائرتين وتقع مراكز الدوائر في جهتين مختلفتين في المنحنى.



٤ - المنحنى الانتقالي :

وفيه يتصل الاتجاهان ببعضهما عن طريق قوس ذي أنصاف أقطار تتراوح بين ما لا نهاية إلى نصف قطر معين .



كيفية اختيار نوع المنحنى :

يتم اختيار نوع المنحنى على حسب الموصفات التي يطلبها المصمم .

ويستخدم المنحنى البسيط إذا حدد المصمم عنصراً واحداً فقط من العناصر التالية :

١ - أن يبدأ المنحنى من نقطة معينة على المماس الأول .

٢ - أن يبدأ المنحنى من نقطة معينة على المماس الثاني .

٣ - أن يحدد المصمم طول المنحنى .

٤ - أن يحدد المصمم نصف قطر المنحنى .

٥ - أن يمر المنحنى بنقطة معينة بين الاتجاهين .

أما إذا اشترط المصمم أكثر من عنصر من العناصر السابقة فيجب استخدام المنحنى المركب .

تعريف المنحنى :

توجد طريقتان لتعريف المنحنى :

١ - طريقة نصف القطر .

٢ - طريقة درجة المنحنى .

العلاقة بين نصف القطر ودرجة المنحنى .

جا ١/٢ دْ = ل ÷ ٢نق

وإذا كان الوتر = ٢٠ متراً

جا ١/٢ دْ = ١٠ ÷ نق

حيث إن :

ل = طول الوتر .

نق = نصف قطر المنحنى .

دْ = الزاوية المركزية المقابلة لوتر معلوم يطلق عليه وتر القياس وغالباً = ٢٠ متراً

وهذه المعادلة تمثل العلاقة الحقيقية بين درجة المنحنى ونصف قطره وتستعمل في الحسابات الدقيقة أو عندما تكون درجة المنحنى كبيرة أما إذا كان نصف القطر كبيراً أي إن درجة المنحنى صغيرة فيمكن اعتبار الوتر مساوياً لطول القوس المقابل وبذا يمكن استخدام العلاقة التقريبية الآتية تسهيلا للحساب .

نق (متر) = ١١٤٦ ÷ د°

وإذا كانت ل = ١٠٠ قدم فإن : نق (قدم) = ٥٧٣٠ ÷ د°

مثال ١:

أوجد نصف قطر المنحنى الذي درجته = ٦° بالطريقة التقريبية والطريقة المضبوطة

إذا علم أن الوتر = ٢٠ متر

الحـــــــل

نق بالطريقة المضبوطة جا ٢/١ د° = ١٠ ÷ نق

نق = ١٠ ÷ جا ٣° = ١٠ ÷ ٠,٠٢٣٤ = ١٩١,٠٦ متراً

نق بالطريقة التقريبية = ١١٤٦ ÷ ٦° = ١٩١,٠٠ متراً

مثال ٢:

كم يكون مقدار نق لو كانت درجة المنحنى ٣٠° .

الحـــــــل

نق بالطريقة المضبوطة = ١٠ ÷ جا ١٥° = ١٠ ÷ ٠,٢٥٨٨ = ٣٨,٦٤ متراً

نق بالطريقة التقريبية = ١١٤٦ ÷ ٣٠° = ٣٨,٢٠ متراً

في المثالين السابقين يتضح أن الفرق بين الطريقتين المضبوطة والتقريبية يزداد كلما زادت درجة المنحنى وبالتالي كلما صغر نصف قطر المنحنى فالفرق في المثال الأول ٦ سم ، وفي المثال الثاني ٤٤ سم .

أجزاء المنحنى البسيط

١ - زاوية تقاطع المماسين = هـ°

٢ - نصف قطر المنحنى = أ م = ب م = س م = نق

٣ - طول المنحنى = القوس أ س ب = ق

٤ - الوتر الكلي = الخط الواصل بين نقطتي التماس = و

٥ - طول المماس الجزئي = أ جـ = ب جـ = ف

٦ - قمة المنحنى س = النقطة المتوسطة في المنحنى بين نقطتي التماس .

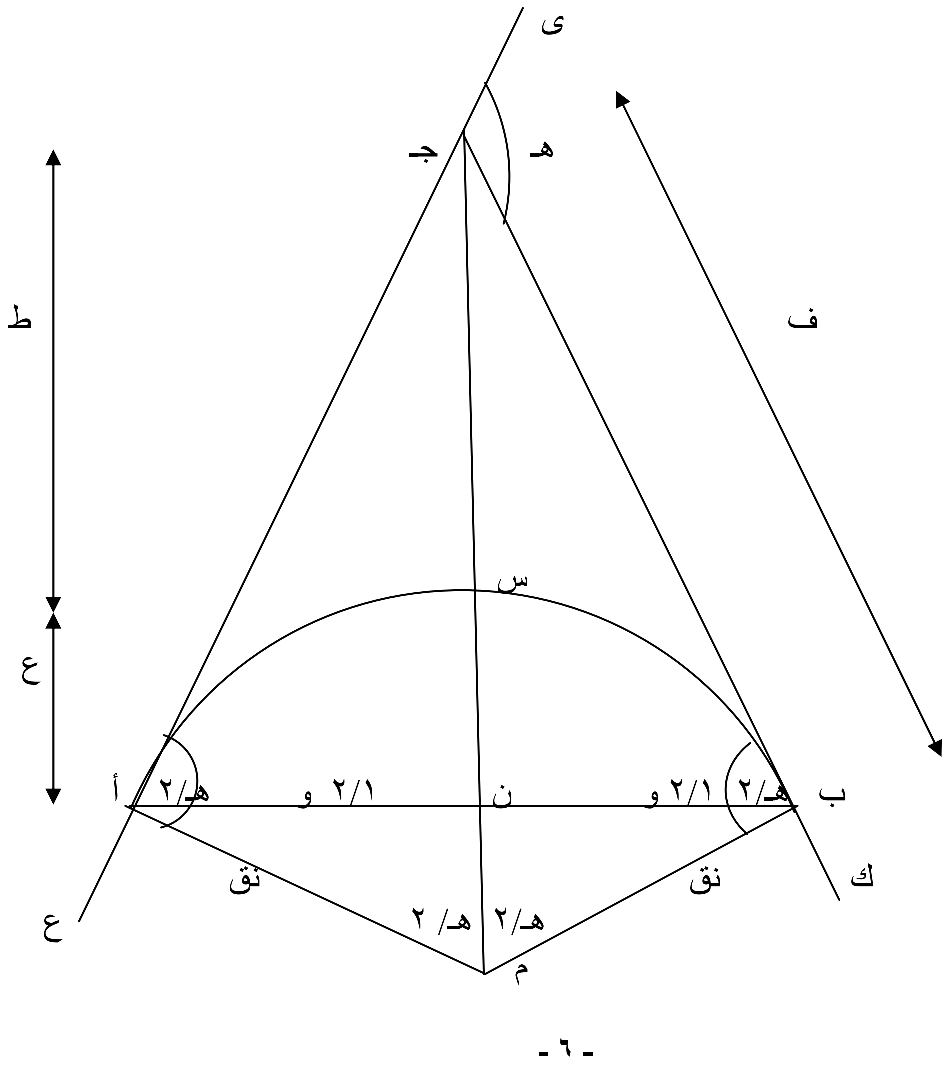
٧ - السهم الداخلي = البعد العمودي بين قمة المنحنى والوتر الكلي = ع

٨ - السهم الخارجي = البعد العمودي بين نقطة التقاطع وقمة المنحنى = ط

٩ - الزاوية المركزية للمنحنى = ب م أ = هـ°

١٠ - نقطة التماس الأولى = نقطة ابتداء المنحنى

١١ - نقطة التماس الثانية = نقطة انتهاء المنحنى



حساب أجزاء المنحنى

لحساب أجزاء المنحنى الدائري البسيط يلزم معرفة ثلاثة عناصر أساسية هي :

١ - نصف القطر نق .

٢ - درجة المنحنى دْ .

٣- زاوية تقاطع المماسين هـْ .

وبمعرفة المقدارين نق ، هـْ يمكن تحديد أجزاء المنحنى كما يلي :

١ - طول المماس الجزئي (ف)

ف = نق ظا ١/٢ هـ

٢ - طول الوتر الكلي (و)

و = ٢ نق جا ١/٢ هـ

٣ - طول المنحنى (ق)

ق = ٠,٠١٧٤٥ هـْ نق

حيث إن (هـْ) بالدرجات .

أما إذا كان المنحنى مقدراً بدرجته وطول الوتر = ل

ونصف القطر كبير بحيث يمكن اعتبار طول الوتر = طول القوس

٤ - طول السهم الداخلي :

طول السهم الداخلي = نق (١ - جتا ١/٢ هـ)

طول السهم الداخلي (ع) = نق - $\sqrt{\text{نق}^{2} - (\text{و}^{2} \div 4)}$

٥ - طول السهم الخارجي :

طول السهم الخارجي (ط) = نق (قا ١ /٢ هـ - ١)

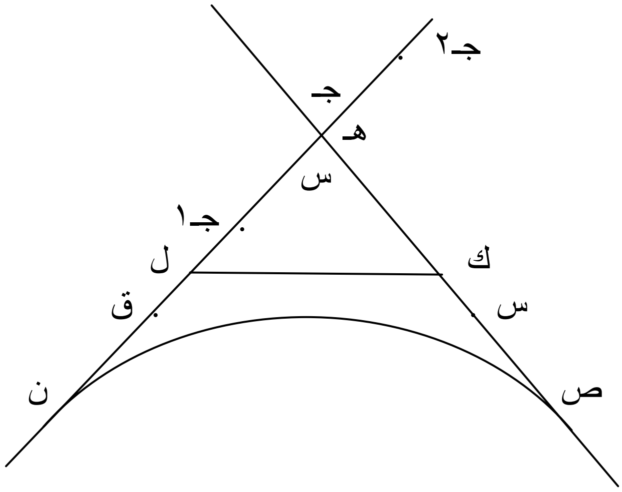
٦ - الفرق بين طول القوس والوتر المقابل له :

طول المنحنى - طول الوتر = ق - و
= ق ^{٣} ÷ ٢٤ نق ^{٢} = و ^{٣} ÷ ٢٤ نق ^{٢}

الجدول التالي يوضح الحد الأقصى لدرجة المنحنى والحد الأدنى لنصف القطر عند اعتبار طول الوتر مساويا لطول القوس .

طول الوتر بالمتر	الحد الأدنى لنصف القطر بالمتر	الحد الأقصى لدرجة المنحنى بالدرجات
٢٠	٢٨٦,٥	٤°
١٥	١٩١,٠	٦°
١٢	١٦٢,٢	٨°
١٠	١٤٤,٦	١٠°
٨	٧٦,٤	١٥°
٦	٥٤,٦	٢١°
٥	٤٧,٧	٢٤°
٤	٣٨,٢	٣٠°
٢	٣٠,٠	أكثر من ٣٠°

كيفية تعيين زاوية التقاطع

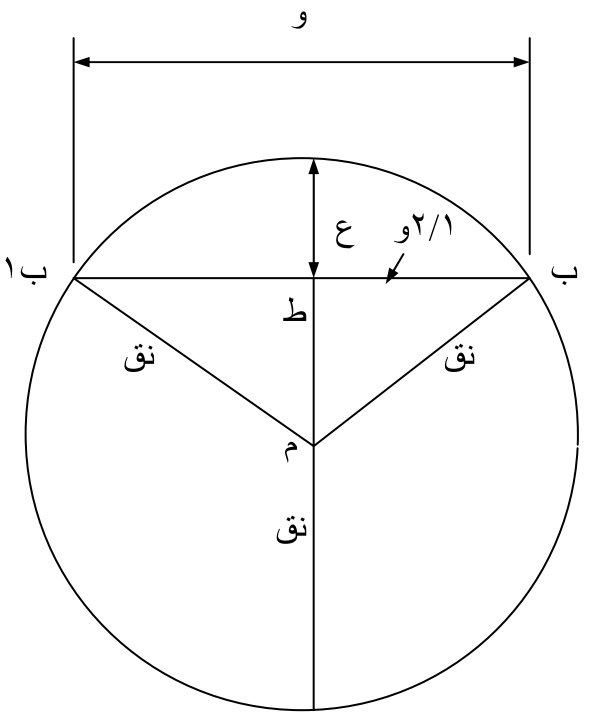


نمد المماسين ن ق ، ص س باستعمال الشواخص والشوك ونضع الشاخصين جـ ١ ، جـ ٢ على امتداد ن ق ونشد بينهما شريطاً ثم نتحرك عليه حتى نعين نقطة جـ على امتداد ص س فتكون نقطة تقاطع المماسين ويؤخذ على المماسين جـ ل = جـ ك بحيث يكون ك ل طولاً مناسباً ثم يقاس طوله .

جا ٢/١ س ={(١/٢) ك ل ÷ ك جـ }

زاوية التقاطع هـ = ١٨٠ - س°

كيفية تعيين نصف قطر المنحنى في الطبيعة



نق = و^{٢} ÷ ٨ع

حيث أن :

و = طول الوتر الكلي

ع = طول السهم الداخلي

توقيع المنحنى البسيط

توجد عدة طرق مختلفة لتوقيع المنحنيات الدائرية البسيطة، وعلى المساح أن يختار الطريقة التي تناسب كل حالة حسب الظروف المحيطة والدقة المطلوبة، وإذا كان محور المشروع مكوناً من خطوط مستقيمة ومنحنيات تصل بينها ، فإن المستقيمات توقع أولا ثم تخطط المنحنيات بعد ذلك.

تخطيط المنحنى

تخطيط المنحنى معناه تعيين مواضع عدة نقط تقع على المنحنى على أبعاد من بعضها بمقدار يتناسب مع طول المنحنى بحيث إننا لو وصلنا بينها خطوطاً مستقيمة (أوتار المنحنى) فإننا نحصل على محور المنحنى في الطبيعة .

والمسافة بين النقط تكون عادة ٢٠ متراً أما إذا كان نصف قطر المنحنى صغيراً فإنها تقل إلى ١٠ أمتار وقد تصل إلى ٥ أمتار أو أقل .

وعموماً فإن خطوات تخطيط المنحنى مهما اختلفت طريقة التخطيط هي :

١ - تحديد وقياس زاوية انحراف المنحنى (تحديد اتجاهي المماسين) .

٢ - تحديد نقطتي ابتداء وانتهاء المنحنى بمعرفة طول المماس الجزئي .

٣ - اختيار الطريقة المناسبة لتحديد النقط المختلفة للمنحنى (تخطيطه) .

طرق توقيع المنحنيات الدائرية البسيطة

١ - التوقيع باستعمال القياسات الطولية .

٢ - التوقيع باستعمال الثيودوليت والقياسات الطولية .

٣ - التوقيع باستعمال جهازي ثيودوليت .

٤ - التوقيع باستعمال المحطة المتكاملة .

١ - التخطيط باستعمال القياسات الطولية

تستعمل هذه الطريقة عندما تكون الدقة العالية غير مطلوبة كما في حالة الطرق والمنحنيات القصيرة والمباني وما شابه ذلك وسنكتفي بشرح طريقتين فقط هما :

١ - توقيع المنحنى الأفقي البسيط بواسطة الإحداثيات من المماس .
٢ - توقيع المنحنى الأفقي البسيط بواسطة الإحداثيات من الوتر الكلي .

ملحوظة :

يجب قبل البدء في تخطيط المنحنى سواء أكان التخطيط بواسطة القياسات الطولية أو بالأجهزة المساحية المختلفة تحديد اتجاهي محوري الطريق (اتجاهي المماسين) باستعمال الشواخص ومن ثم تحديد نقطة تقاطع محوري الطريق .

الجدارة :

أن يتعرف المتدرب على توقيع المنحنى الأفقي البسيط بواسطة الإحداثيات من المماس .

الأهداف :

بنهاية هذا التمرين سيتمكن المتدرب بإذن الله من معرفة توقيع المنحنى الأفقي البسيط في الطبيعة بطريقة الإحداثيات من المماس .

مستوى الأداء :

أن يصل المتدرب إلى نسبة ١٠٠٪ من الهدف وهو التعرف على كيفية توقيع منحنى أفقي بسيط في الطبيعة بطريقة الإحداثيات من المماس .

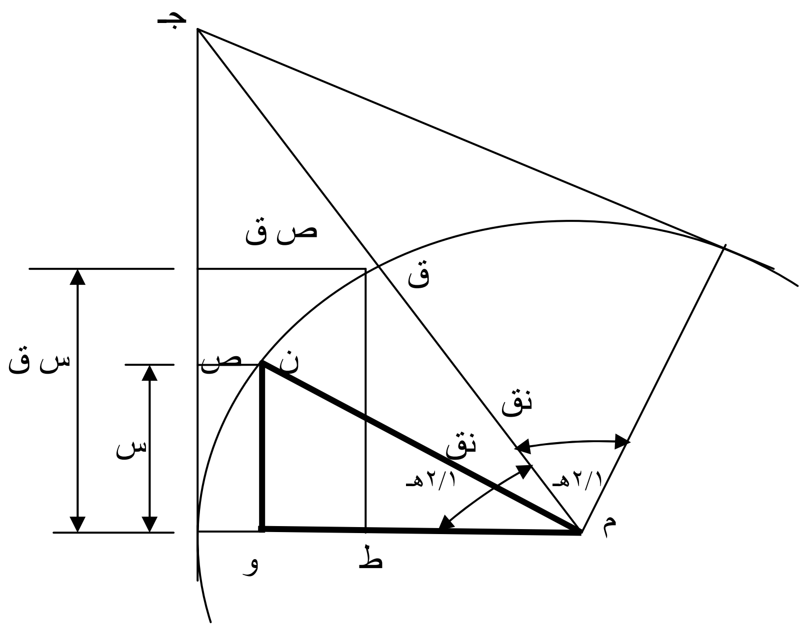
الوقت المتوقع للتدريب :

٦ ساعات

الوسائل المساعدة :

١ - عدد ٢ شريط قياس .
٢ - مطرقة ومسامير وأوتاد .
٣ - ثلاثة شواخص بالحامل .
٤ - مجموعة شوك .

١ - ١ - توقيع المنحنى الأفقي البسيط بواسطة الإحداثيات من المماس



في هذه الطريقة نعين نقطاً على المنحنى بمعرفة إحداثياتها (س) على المماس باعتبار نقطة التماس أنها نقطة الأصل ثم حساب الإحداثي (ص) العمودي على المماس ،
كما هو مبين بالشكل في المثلث ن م و .

نق^{2} = (ن و)^{2} + (م و)^{2} = س^{2} + (نق - ص)^{2}

الطريقة المضبوطة

ص = نق - $\sqrt{\text{نق}^{2} - \text{س}^{2}}$

وقد اتبع بيكر طريقة تقريبية لتبسيط هذه المعادلة كما يلي :

ص = س^{2} ÷ ٢ نق

فإذا كانت الإحداثيات على أبعاد متساوية عن المماس وطول أول إحداثي عمودي = ص ،
فإن الثاني = ٢ ^{٢} ص ، والثالث ٢ ^{٣} ص وهكذا ...

ملحوظة :

تصلح هذه الطريقة عندما يكون نصف قطر المنحنى المطلوب توقيعه صغيراً وعندما تكون زاوية انحراف محور الطريق الثاني بالنسبة لمحور الطريق الأول صغيرة ، وفي هذه الحالة يمكن استعمال طريقة الإحداثيات من المماس .

ويلاحظ أن هذه المعادلة ليست معادلة دائرة ولكنها معادلة قطع مكافئ ، ويكون الخطأ في التخطيط بهذه الطريقة مسموحاً به ويمكن إهماله إذا كان نصف القطر كبيراً .

عيوب هذه الطريقة :

١ - طول الإحداثي ص يتزايد كلما اقتربنا من القمة (ق) وبذلك يزداد احتمال الخطأ في قياس وتوجيه الإحداثيات .

٢ - النقط المعينة لا تكون على أبعاد متساوية من بعض . وإذا كان المنحنى لا يزيد طوله عن ربع نصف القطر فإن المنحنى يخطط من أحد المماسين إلى قمة المنحنى و بالمثل من المماس الآخر .

ويلاحظ أنه يجب عدم استخدام قيم للمقدار س أكبر من $س_{ق}$

(الإحداثي السيني لنقطة القمة) حيث إن:

$$س_{ق} = نق \ جا \ ٢/١ \ هـ$$

$$ص_{ق} = نق \ (١ - جتا \ ٢/١ \ هـ)$$

أما إذا كان المنحنى طويلاً فتخطط عدة نقط من المماس الأصلي ثم نعين المماس عند آخر نقطة وصلنا إليها ثم نعين عدة نقاط أخرى من هذا المماس .

مثال (١) :

منحنى دائري بسيط نصف قطره ٢٣٠ متراً يصل بين محوري طريقين مستقيمين متقاطعين بزاوية انحراف مقدارها ٤٨َ ٤٠ْ والمطلوب هو حساب العناصر اللازمة لتوقيع المنحنى بطريقة الإحداثيات من المماس . إذا علم أن المسافة بين النقاط ٢٠ متراً

الحــــــــــل

طول المماس (ف) = نق ظا ٢/١ هـ = ٢٣٠ × ظا ٢٤َ ٢٠ْ = ٨٥,٥٤ متراً

حساب إحداثيات قمة المنحنى (ق) :

س ق = و / ٢ = نق جا ٢/١ هـ = ٢٣٠ جا ٢٤َ ٢٠ْ = ٨٠,١٧ متراً

ص ق = نق (١ - جتا ٢/١ هـ) = ٢٣٠ (١ - جتا ٢٤َ ٢٠ْ) = ١٤,٤٣ متراً

حساب إحداثيات النقاط من م ١ إلى ق :

س ١ = ٢٠ متراً ص ١ = ٢٣٠ - $\sqrt{(٢٣٠)^٢ - (٢٠)^٢}$ = ٠,٨٧ متراً

س ٢ = ٤٠ متراً ص ٢ = ٢٣٠ - $\sqrt{(٢٣٠)^٢ - (٤٠)^٢}$ = ٣,٥٠ متراً

س ٣ = ٦٠ متراً ص ٣ = ٢٣٠ - $\sqrt{(٢٣٠)^٢ - (٦٠)^٢}$ = ٧,٩٦ متراً

س ٤ = ٨٠ متراً ص ٤ = ٢٣٠ - $\sqrt{(٢٣٠)^٢ - (٨٠)^٢}$ = ١٤,٣٦ متراً

س ٥ = ١٠٠ متراً هذه حسابات زائدة عن الحاجة لأنها أكبر من س ق والتي تساوي ٨٠,١٧ متراً أي إن س الأخيرة يجب أن تكون أقل من س ق (أقل من نصف الوتر الكلي).

جدول الإحداثيات للتوقيع

رقم النقطة	س بالمتر	ص بالمتر
١	٢٠	٠,٨٧
٢	٤٠	٣,٥٠
٣	٦٠	٧,٩٦
٤	٨٠	١٤,٣٦
ق	٨٠,١٧	١٤,٤٣

مثال (٢) :

منحنى دائري بسيط نصف قطره ١١٥ متراً يصل بين محورين متقاطعين وزاوية الانحراف بينهما ٤٦ ° احسب العناصر اللازمة لتوقيع المنحنى بطريقة الإحداثيات من المماس كل ١٠ متراً .

الحـــــــل

ف = نق ظا ٢/١ هـ = ١١٥ ظا ٢٣° = ٤٨,٨١ متراً

إحداثي نقطة قمة المنحنى (ق) :

$س_{ق}$ = نق جا ٢/١ هـ = ١١٥ جا ٢٣° = ٤٤,٩٣ متراً

$ص_{ق}$ = نق (١ - جتا ٢/١ هـ) = ١١٥ (١ - جتا ٢٣°) = ٩,١٤ متراً

حسابات إحداثيات النقط الواقعة بين $م_{١}$ إلى ق

$س_{١}$ = ١٠ متراً $ص_{١} = ١١٥ - \sqrt{(١١٥)^{٢} - (١٠)^{٢}}$ = ٠,٤٣٥ متراً

$س_{٢}$ = ٢٠ متراً $ص_{٢} = ١١٥ - \sqrt{(١١٥)^{٢} - (٢٠)^{٢}}$ = ١,٧٥ متراً

$س_{٣}$ = ٣٠ متراً $ص_{٣} = ١١٥ - \sqrt{(١١٥)^{٢} - (٣٠)^{٢}}$ = ٣,٩٨ متراً

$س_{٤}$ = ٤٠ متراً $ص_{٤} = ١١٥ - \sqrt{(١١٥)^{٢} - (٤٠)^{٢}}$ = ٧,١٨ متراً

$س_{٥}$ = ٥٠ متراً حسابات زائدة عن الحاجة لأنها أكبر من $س_{ق}$ والتي تساوي ٤٤,٩٣ متراً

جدول الإحداثيات للتوقيع

رقم النقطة	س بالمتر	ص بالمتر
١	١٠	٠,٤٣٥
٢	٢٠	١,٧٥
٣	٣٠	٣,٩٨
٤	٤٠	٧,١٨
ق	٤٤,٩٣	٩,١٤

الطريقة التقريبية لحساب الإحداثيات من المماس ويكثر استعمالها عندما يكون نصف القطر كبيراً

مثال (٣) :

منحنى دائري بسيط نصف قطره ٢٧٠ متراً يصل بين محورين متقاطعين وزاوية الانحراف بينهما ٤٢° .
احسب العناصر اللازمة لتوقيع المنحنى من المماس كل ٢٠ متراً على أن يكون حساب الإحداثيات بالطريقة التقريبية .

الحـــــــل

ف = نق ظا ٢/١ هـ = ٢٧٠ ظا ٢١° = ١٠٣,٦٤ متراً

إحداثي نقطة قمة المنحنى (ق) :

س ق = نق جا ٢/١ هـ = ٢٧٠ جا ٢١° = ٩٦,٧٦ متراً

ص ق = نق (١ - جتا ٢/١ هـ) = ٢٧٠ (١ - جتا ٢١°) = ١٧,٩٣ متراً

حسابات إحداثيات النقط الواقعة بين م ١ إلى ق

س ١ = ٢٠مترا ص ١ = س ن ٢ ÷ ٢ نق = (٢٠) ٢ ÷ (٢ × ٢٧٠) = ٠,٧٤ متراً

س ٢ = ٤٠متراً ص ٢ = (٤٠) ٢ ÷ (٢ × ٢٧٠) = ٢,٩٦ متراً

س ٣ = ٦٠متراً ص ٣ = (٦٠) ٢ ÷ (٢ × ٢٧٠) = ٦,٦٧ متراً

س ٤ = ٨٠متراً ص ٤ = (٨٠) ٢ ÷ (٢ × ٢٧٠) = ١١,٨٥ متراً

س ٥ = ١٠٠ متراً حسابات زائدة عن الحاجة لأنها أكبر من س ق
والتي تساوي ٩٦,٧٦ متراً

جدول الإحداثيات للتوقيع

رقم النقطة	س بالمتر	ص بالمتر
١	٢٠	٠,٧٤
٢	٤٠	٢,٩٦
٣	٦٠	٦,٦٧
٤	٨٠	١١,٨٥
ق	٩٦,٧٦	١٧,٩٣

التمرين العملي الأول

الغرض من التمرين :

توقيع منحنى أفقي بسيط باستخدام أدوات القياس الطولي وبطريقة الإحداثيات من المماس .

الأدوات والأجهزة المطلوبة :

١ - عدد (٢) شريط قياس .
٢ - أوتاد ومطرقة ومسامير .
٣ - ثلاثة شواخص بالحامل الثلاثي .
٤ - مجموعة من الشوك .

خطوات العمل :

١ - يتم اختيار محورين لطريقين مستقيمين متقاطعين ومناسبين في الطبيعة وحسب ظروف وطبيعة ومساحة موقع التنفيذ ، ونضع أوتاداً في كل منهما .

٢ - توقيع نقطة التقاطع (ط) كما تم شرحها سابقاً ص ١٠ ويتم بفرد شريط أو خيط على نهايتي كل من المحورين ومدهما حتى يتقاطعان في نقطة (ط) ثم نثبت عندها وتداً ثم نثبت في رأس الوتد مسماراً ثم نضع شاخصاً على نقطة (ط) .

٣ - قياس الانحراف (هـ) بالشريط ومن الممكن قياسها بالتيودوليت .

٤ - يتم فرض قيمة مناسبة لنصف قطر المنحنى (نق) للتمرين .

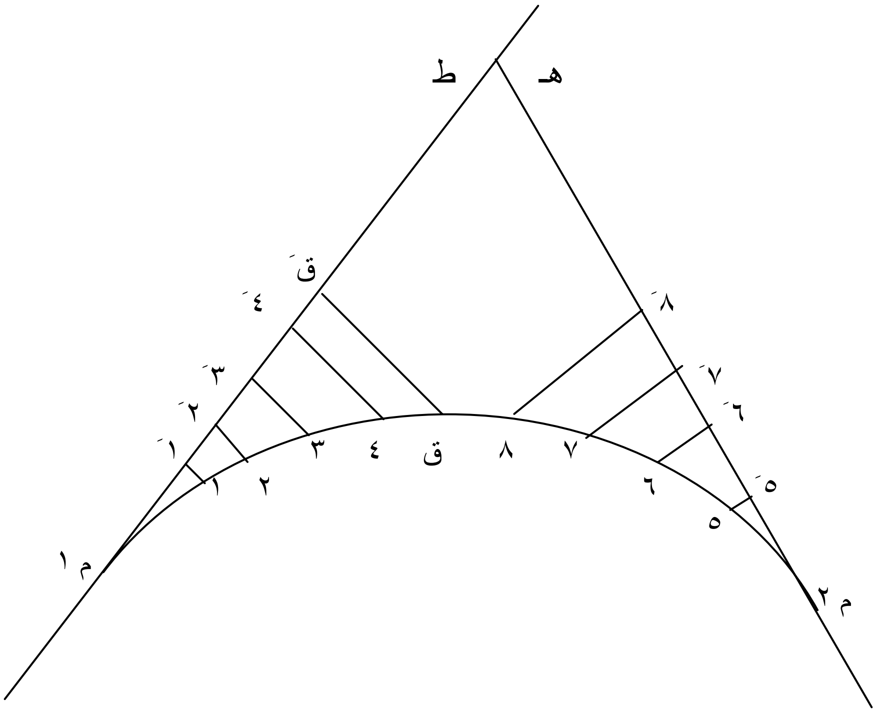
٥ - توقيع نقطتي التماس (م١ ،م٢) ويتم ذلك بحساب طول المماس (ف) من المعادلة (ف = نق ظا هـ/٢) ثم نوقع هذا الطول من نقطة التقاطع (ط) في اتجاه المحور الأول لنحصل على نقطة (م١) ثم نوقع نفس الطول في اتجاه المحور الثاني لنثبت نقطة (م٢) وندق أوتاداً عند (م١ ، م٢) ونثبت في رأس كل وتد مسماراً .

ثم نضع شاخصاً بالحامل على كل من نقطتي التماس (م١ ، م٢) .

٦ - توقيع نقطة قمة المنحنى (ق) وذلك بحساب قيمة (س ق ، ص ق) من المعادلتين { س ق = نق جا ٢/١ هـ} ، { ص ق = نق (١ - جتا ٢/١ هـ) } فنأخذ المسافة (س ق) على طول المماس (م١ ط) بداية من (م١) لنحدد النقطة (قَ) ثم نقيم عموداً طوله (ص ق) لنحدد النقطة (ق) .

٧ - نختار مسافة مناسبة (س١) لتوقيع المنحنى من المماس وذلك حسب قيمة (س ق) بحيث تكون هناك عدة نقط كافية لتمثيل المنحنى ثم نحسب قيم (ص) المناظرة لقيم (س) من خلال المعادلة ($ص_ن = نق - \sqrt{نق^2 - س_ن^2}$) ثم نضع الإحداثيات المحسوبة في جدول الإحداثيات للتوقيع .

٨ - فمثلاً إذا كان عدد النقاط الموقعة من المماس الأول (م١ ط) أربع نقط بخلاف نقطة (ق) فيتم التوقيع بأخذ المسافات ($س_1$ ، $س_2$ ، $س_3$ ، $س_4$) على طول المماس (م١ ط) بداية من (م١) لتحديد النقط (١َ ، ٢َ ، ٣َ ، ٤َ) ، ويتم وضع شوك على النقط (١َ ، ٢َ ، ٣َ ، ٤َ) كما بالشكل .



توقيع المنحنى باستخدام الإحداثيات من المماس

ثم نقيم أعمدة أطوالها (ص ١ ، ص ٢ ، ص ٣ ، ص ٤) من النقاط (١َ ، ٢َ ، ٣َ ، ٤َ) فنستطيع تحديد النقاط (١ ، ٢ ، ٣ ، ٤) على المنحنى الدائري المطلوب ويكون إقامة الأعمدة بإحدى طرق إقامة الأعمدة بالشريط مثل طريقة المثلث المتساوي الساقين أو طريقة المثلث القائم الزاوية (مثلث فيثاغورس).

نقوم بنفس العمل من المماس الثاني (م٢ ط) فنحدد النقاط (٥َ ، ٦َ ، ٧َ ، ٨َ) على المماس (م٢ ط) على أبعاد (س ١ ، س ٢ ، س ٣ ، س ٤) بالتتالي من نقطة (م٢) في اتجاه نقطة (ط) وتكون قيم (ص) المقابلة لها هي نفسها (ص ١ ، ص ٢ ، ص ٣ ، ص ٤) المحسوبة من قبل بالتوالي . وبإقامة الأعمدة بأطوال (ص ١ ، ص ٢ ، ص ٣ ، ص ٤) نحدد النقط (٥ ، ٦ ، ٧ ، ٨)

ثم نضع أوتاداً على النقط (١ ، ٢ ، ٣ ، ٤ ، ق ، ٨ ، ٧ ، ٦ ، ٥)

والخط الذي يصل بين النقاط (م١ ، ١ ، ٢ ، ٣ ، ٤ ، ق ، ٨ ، ٧ ، ٦ ، ٥ ، م٢) هو المنحنى الدائري المطلوب.

الجدارة :

أن يتعرف المتدرب على توقيع المنحنى الأفقي البسيط بطريقة الإحداثيات من الوتر الكلي .

الأهداف :

بنهاية هذا التمرين سيتمكن المتدرب بإذن الله من معرفة توقيع المنحنى الأفقي البسيط في الطبيعة بطريقة الإحداثيات من الوتر الكلي.

مستوى الأداء :

أن يصل المتدرب إلى نسبة ١٠٠٪ من الهدف وهو التعرف على كيفية توقيع منحنى أفقي بسيط في الطبيعة بطريقة الإحداثيات من الوتر الكلي.

الوقت المتوقع للتدريب :

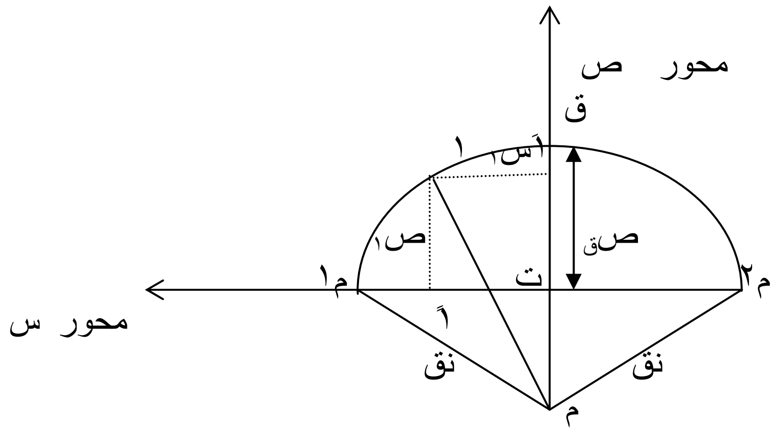
٦ ساعات

الوسائل المساعدة :

١ - عدد ٢ شريط قياس .
٢ - مطرقة ومسامير وأوتاد .
٣ - ثلاثة شواخص بالحامل .
٤ - مجموعة شوك .

١ -٢ - توقيع المنحنى الأفقي البسيط بطريقة الإحداثيات من الوتر الكلي

تناسب هذه الطريقة المنحنيات ذات نصف القطر الصغير . كما أنها تكون بديلا لطريقة الإحداثيات من المماس إذا وقع المماس في أرض وعرة يصعب القياس عليها أو يوجد عائق على المماس .
في هذه الطريقة نحتاج أولا لقياس طول الوتر الكلي (م١ م٢) ثم ننصف هذا الوتر عند نقطة (ت) هو (صفر ، صفر) كما بالشكل :



الإحداثيات من الوتر الكلي

فيتم أخذ المحور (س) من (ت) في اتجاه نقطة التماس الأولى (م١) والمحور (ص) عمودياً في اتجاه المنحنى ويلتقي بالمنحنى عند نقطة قمة المنحنى (ق) التي إحداثياتها هي
(صفر ، صق) ويمكن إيجاد المعادلة الرياضية بين إحداثيات النقطة (١) التي تقع على المنحنى المطلوب كالتالي :

$$ص_{ن} = \sqrt{نق^{2} - س_{ن}^{2}} - \sqrt{نق^{2} - (و/٢)^{2}}$$

وهذه المعادلة هي عبارة عن العلاقة بين إحداثيات كل النقط التي تقع على المنحنى الدائري المطلوب مثل نقطة (١) فبمعلومية طول الوتر الكلي (و) ونصف قطر المنحنى (نق) إذا قسنا أي مسافة (س) من النقطة (ت) سواء في اتجاه نقطة التماس (م١) أو (م٢) فإن المسافة العمودية (ص) تنتج من المعادلة التي تعطى النقطة الواقعة على المنحنى المطلوب .

مثال (١) :

منحنى دائري بسيط نصف قطره ١٤٠ متراً يصل بين محوري طريقين مستقيمين متقاطعين عند نقطة (ط) بزاوية انحراف مقدارها ٨٤° والمطلوب حساب المعلومات اللازمة لتخطيط المنحنى على مسافات متساوية بين النقط تساوي ٢٠ متراً بطريقة الإحداثيات من الوتر الكلي .

الحـــــــــل

نق = ١٤٠ متراً   هـ = ٨٤°   هـ / ٢ = ٤٢°   س = ٢٠ متراً

١ - حساب طول المماس (ف) :

من المعادلة   ف = نق ظا هـ/٢ = ١٤٠ ظا ٤٢° = ١٢٦,٠٦ متراً

٢ - حساب طول الوتر الكلي (و) :

من المعادلة   و = ٢ نق × جا هـ/٢ = ٢ × ١٤٠ × جا ٤٢° = ١٨٧,٣٦ متراً

و ÷ ٢ = ١٨٧,٣٦ ÷ ٢ = ٩٣,٦٨ متراً

٣ - حساب إحداثيات قمة المنحنى (ق) :

$س_ق$ = صفر

$ص_ق$ = نق (١ - جتا ١/٢ هـ) = ١٤٠ (١ - جتا ٤٢°) = ٣٥,٩٦ متراً

٤ - حساب إحداثيات النقط الواقعة بين ق ، م١ :

من المعادلة $ص_ن = \sqrt{نق^٢ - س_ن^٢} - \sqrt{نق^٢ - (و/٢)^٢}$

$س_١$ = ٢٠ متراً $ص_١ = \sqrt{(١٤٠)^٢ - (٢٠)^٢} - \sqrt{(١٤٠)^٢ - (٩٣,٦٨)^٢}$

= ٣٤,٥٢ متراً

$س_٢$ = ٤٠ متراً $ص_٢ = \sqrt{(١٤٠)^٢ - (٤٠)^٢} - \sqrt{(١٤٠)^٢ - (٩٣,٦٨)^٢}$

= ٣٠,١٢ متراً

$س_٣$ = ٦٠ متراً $ص_٣ = \sqrt{(١٤٠)^٢ - (٦٠)^٢} - \sqrt{(١٤٠)^٢ - (٩٣,٦٨)^٢}$

= ٢٢,٤٥ متراً

$س_٤$ = ٨٠ متراً ‌ ‌ ‌ $ص_٤$ = $\sqrt{(١٤٠)^٢ - (٨٠)^٢} - \sqrt{(١٤٠)^٢ - (٩٣٫٦٨)^٢}$

= ١٠٫٨٥ متراً

س ٥ = ١٠٠ متراً خطأ ولا تصلح لأنها أكبر من (و / ٢) فيجب أن تكون س الأخيرة أقل من أو تساوي نصف الوتر الكلي (و / ٢) والذي قيمته ٩٣٫٦٨ متراً .

جدول الإحداثيات للتوقيع

رقم النقطة	س بالمتر	ص بالمتر
ق	صفر	٣٥٫٩٦
١	٢٠	٣٤٫٥٢
٢	٤٠	٣٠٫١٢
٣	٦٠	٢٢٫٤٥
٤	٨٠	١٠٫٨٥

مثال (٢) :

منحنى دائري بسيط نصف قطره ١٠٠ متر يصل بين محورين متقاطعين وزاوية الانحراف بينهما ٦٤ ° احسب المعلومات اللازمة لتوقيع المنحنى من الوتر كل ١٠ أمتار ؟

الحــــــــل

نق = ١٠٠ متراً ‌ ‌ هـ = ٦٤ ° ‌ ‌ هـ / ٢ = ٣٢° ‌ ‌ س = ١٠ متراً

١ - حساب طول المماس (ف) :

من المعادلة ف = نق ظا هـ/٢ = ١٠٠ ظا ٣٢° = ٦٢٫٤٩ متراً

٢ - حساب طول الوتر الكلي (و) :

من المعادلة و = ٢ نق × جا هـ/٢ = ٢ × ١٠٠ × جا ٣٢° = ١٠٥٫٩٨ متراً

و ÷ ٢ = ١٠٥٫٩٨ ÷ ٢ = ٥٢٫٩٩ متراً

٣ - حساب إحداثيات قمة المنحنى (ق) :

$س_ق$ = صفر ‌ ‌ $ص_ق$ = نق (١ - جتا ١/٢ هـ) = ١٠٠ (١ - جتا ٣٢°) = ١٥٫١٩٥ متراً

٤ - حساب إحداثيات النقط الواقعة بين ق ، م١ :

من المعادلة $\text{ص}_{\text{ن}} = \sqrt{\text{نق}^{٢} - \text{س}_{\text{ن}}^{٢}} - \sqrt{\text{نق}^{٢} - (\text{و}/٢)^{٢}}$

س ١ = ١٠ متراً $\text{ص}_{١} = \sqrt{(١٠٠)^{٢} - (١٠)^{٢}} - \sqrt{(١٠٠)^{٢} - (٥٢٫٩٩)^{٢}}$

= ١٤٫٦٩ متراً

س٢ = ٢٠ متراً $\text{ص}_{٢} = \sqrt{(١٠٠)^{٢} - (٢٠)^{٢}} - \sqrt{(١٠٠)^{٢} - (٥٢٫٩٩)^{٢}}$

= ١٣٫١٧ متراً

س ٣ = ٣٠ متراً $\text{ص}_{٣} = \sqrt{(١٠٠)^{٢} - (٣٠)^{٢}} - \sqrt{(١٠٠)^{٢} - (٥٢٫٩٩)^{٢}}$

= ١٠٫٥٨متراً

س٤ = ٤٠ متراً $\text{ص}_{٤} = \sqrt{(١٠٠)^{٢} - (٤٠)^{٢}} - \sqrt{(١٠٠)^{٢} - (٥٢٫٩٩)^{٢}}$

= ٦٫٨٤ متراً

س ٥ = ٥٠ متراً $\text{ص}_{٥} = \sqrt{(١٠٠)^{٢} - (٥٠)^{٢}} - \sqrt{(١٠٠)^{٢} - (٥٢٫٩٩)^{٢}}$

= ١٫٧٩ متراً

جدول الإحداثيات للتوقيع

رقم النقطة	س بالمتر	ص بالمتر
ق	صفر	١٥٫١٩٥
١	١٠	١٤٫٦٩
٢	٢٠	١٣٫١٧
٣	٣٠	١٠٫٥٨
٤	٤٠	٦٫٨٤
٥	٥٠	١٫٧٩

التمرين العملي الثاني

الغرض من التمرين :

هو توقيع منحنى أفقي بسيط بالطبيعة باستخدام أدوات القياس الطولي وبطريقة الإحداثيات من الوتر الكلي .

الأدوات والأجهزة المطلوبة :

١ - عدد (٢) شريط قياس .
٢ - أوتاد ومطرقة ومسامير .
٣ - ثلاثة شواخص بالحامل الثلاثي .
٤ - مجموعة من الشوك .

خطوات العمل :

١ - يتم اختيار محورين لطريقين مستقيمين متقاطعين ومناسبين في الطبيعة وحسب وطبيعة ومساحة موقع التنفيذ ، ونضع أوتاداً في كل منهما .

٢ - توقيع نقطة التقاطع (ط) وهو بفرد شريط أو خيط على نهايتي كل من المحورين ومدهما حتى يتقاطعان في نقطة (ط) ثم نثبت عندها وتداً ثم نثبت في رأس الوتد مسماراً ثم نضع شاخصاً على نقطة (ط) .

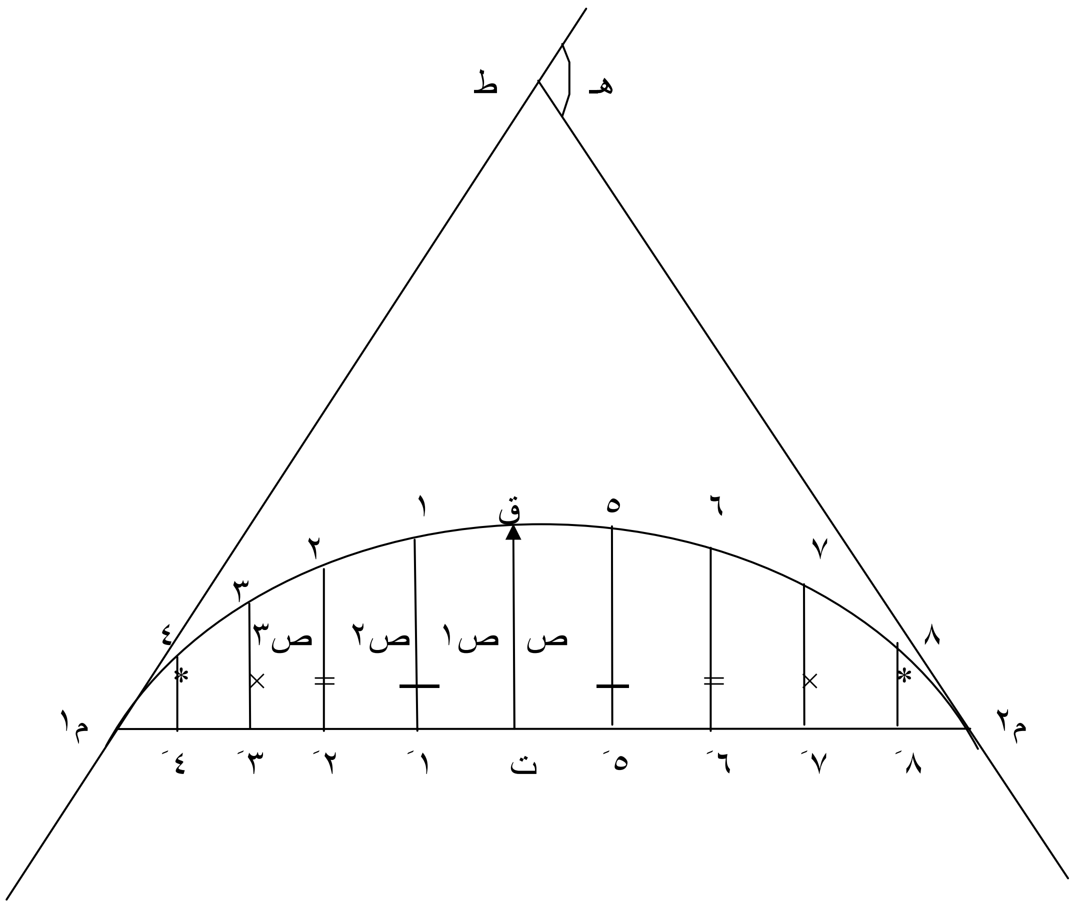
٣ - قياس الانحراف (هـ) بالشريط .

٤ - يتم فرض قيمة مناسبة لنصف قطر المنحنى (نق) للتمرين .

٥ - توقيع نقطتي التماس (م١ ،م٢) ويتم ذلك بحساب طول المماس (ف) من المعادلة (ف = نق ظا هـ/٢) ثم نوقع هذا الطول من نقطة التقاطع (ط) في اتجاه المحور الأول لنحصل على نقطة (م١) ثم نوقع نفس الطول في اتجاه المحور الثاني لنثبت نقطة (م٢) ثم ندق أوتاداً عند (م١ ، م٢) ونثبت في رأس كل وتد مسماراً . ثم نضع شاخصاً بالحامل على كل من نقطتي التماس (م١ ، م٢) .

٦ - توقيع نقطة منتصف الوتر الكلي (ت) و يتم ذلك بحساب قيمة الوتر الكلي (و) من المعادلة (و = ٢ نق جا هـ /٢) ومنها نوجد قيمة نصف الوتر الكلي (و / ٢) ثم نوقع هذا الطول (و / ٢) من نقطة التماس الأولى (م١) وفي اتجاه نقطة التماس الثانية لنحصل على نقطة (ت) فنثبت عندها وتداً وتكون نقطة (ت) هي مركز الإحداثيات في الطبيعة (٠ ، ٠) ويكون المحور (س) من (ت) وفي اتجاه نقطة (م١) والمحور (ص) عموديا عليه وفي اتجاه المنحنى كما بالشكل التالي .

٧ - نوقع نقطة قمة المنحنى (ق) ويتم ذلك بحساب إحداثيات نقطة (ق) حيث($\text{س}_{\text{ق}}$ = صفر) { $\text{ص}_{\text{ق}}$ = ص = نق (١ - جتا ١/٢ هـ)} فنقيم عموداً بالشريط على الوتر الكلي (م١ م٢) عند نقطة (ت) وفي اتجاه المنحنى وبطول ($\text{ص}_{\text{ق}}$) فنحصل على نقطة قمة المنحنى (ق) فنثبت عندها وتداً كما بالشكل التالي .



توقيع المنحنى البسيط باستخدام الإحداثيات من الوتر الكلي

٨ - نختار مسافة مناسبة بين النقط (س) لتوقيع المنحنى من الوتر الكلي وذلك حسب قيمة نصف الوتر الكلي (و/٢) بحيث تكون هناك عدة نقط كافية لتمثيل المنحنى ثم نحسب قيم (ص) المناظرة لقيم (س) من خلال المعادلة :

$$\text{ص}_{\text{ن}} = \sqrt{\text{نق}^2 - \text{س}_{\text{ن}}^2} - \sqrt{\text{نق}^2 - (\text{و}/2)^2}$$

ثم نضع الإحداثيات المحسوبة في جدول الإحداثيات للتوقيع .

٩ - نوقع نقط المنحنى بمعلومية إحداثيات النقاط وذلك على أساس أن الوتر الكلي هو محور السينات والعمودي عليه في اتجاه المنحنى هو محور الصادات ونقطة (ت) هي مركز الإحداثيات فيتم قياس المسافات (س) من النقطة (ت) في اتجاه كل من م١ ، م٢ وتقام منها أعمدة بالشريط بأطوال (ص) المقابلة للقيم (س) المختارة والتي حسبت وسجلت في جدول الإحداثيات فمثلا إذا كان عدد النقاط الموقعة من نصف الوتر (ت م١) أربع نقاط بخلاف نقطة (ق) فيتم التوقيع بوضع صفر الشريط عند نقطة (ت) ونمده في اتجاه (م١) ونوقع النقاط (١َ ، ٢َ ، ٣َ ، ٤َ) على مسافات مقدارها ($س_١$ ، $س_٢$ ، $س_٣$ ، $س_٤$) بالتتالي من نقطة (ت) ثم نضع شوكاً على النقاط (١َ ، ٢َ ، ٣َ ، ٤َ) كما بالشكل السابق، ثم نقيم أعمدة أطوالها ($ص_١$ ، $ص_٢$ ، $ص_٣$ ، $ص_٤$) من النقط (١َ ، ٢َ ، ٣َ ، ٤َ) فنحدد النقط (١ ، ٢ ، ٣ ، ٤) على المنحنى الدائري المطلوب وتكون إقامة الأعمدة بإحدى طرق إقامة الأعمدة بالشريط ، ثم نمد الشريط من (ت) وفي اتجاه (م٢) ونكرر نفس العمل لتوقيع نصف المنحنى الثاني نظراً لتماثل نصفي المنحنى وبالتالي نوقع النقاط (٥ ، ٦ ، ٧ ، ٨) بنفس الحسابات السابقة ، ثم ندق أوتاداً في النقاط (١ ، ٢ ، ٣ ، ٤ ، ٥ ، ٦ ، ٧ ، ٨) فيكون الخط الذي يصل بين النقاط(م١ ، ٤ ،٣ ، ٢ ، ١ ، ق ، ٥ ، ٦ ، ٧ ، ٨ ، م٢) هو المنحنى الدائري المطلوب كما بالشكل السابق .

الجدارة :

أن يتعرف المتدرب على توقيع المنحنى الأفقي البسيط بواسطة التيودوليت والشريط .

الأهداف :

بنهاية هذا التمرين سيتمكن المتدرب بإذن الله من معرفة توقيع المنحنى الأفقي البسيط في الطبيعة بواسطة التيودوليت والشريط .

مستوى الأداء :

أن يصل المتدرب إلى نسبة ١٠٠٪ من الهدف وهو التعرف على كيفية توقيع منحنى أفقي بسيط في الطبيعة بواسطة التيودوليت والشريط .

الوقت المتوقع للتدريب :

٦ ساعات

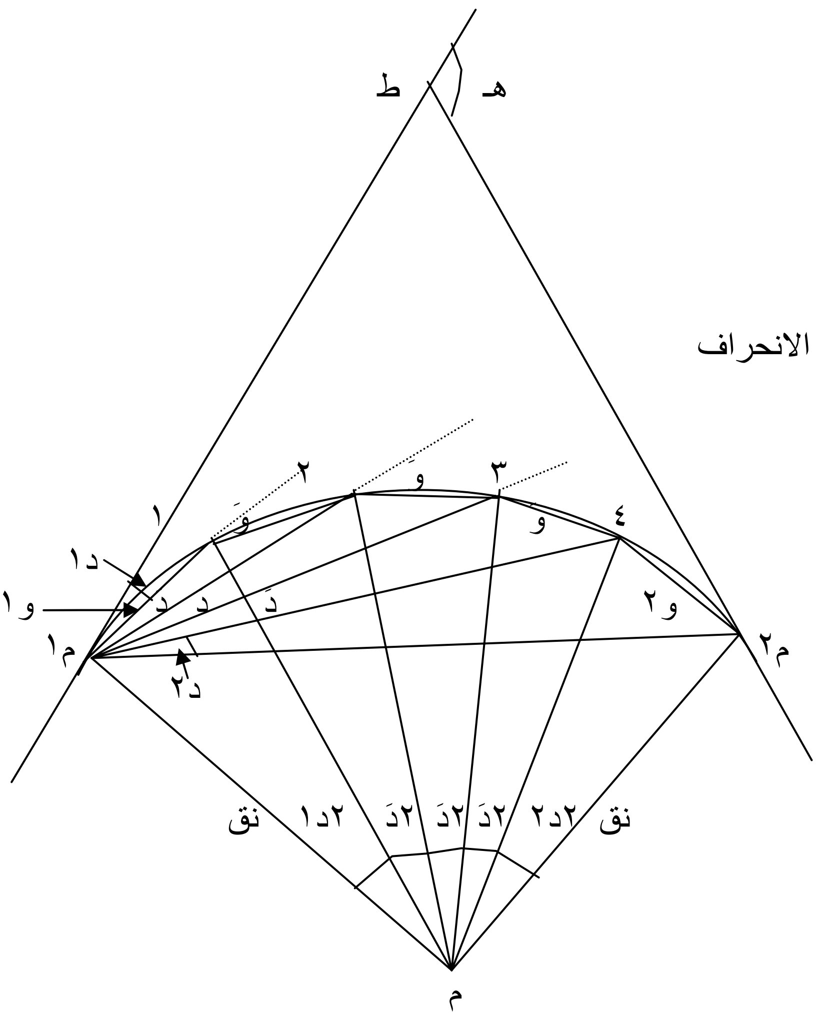
الوسائل المساعدة :

١ - جهاز تيودوليت بالحامل .
٢ - شريط قياس .
٣ - ثلاثة شواخص بالحامل .
٤ - مسامير ومطرقة وأوتاد .

٢ - توقيع المنحنى الأفقي البسيط بالتيودوليت والشريط

هذه الطريقة أدق من طرق الإحداثيات السابقة وتستخدم في توقيع المنحنيات الهامة ذات الدقة الكبيرة مثل منحنيات الطرق الرئيسة السريعة ومنحنيات السكك الحديدية ، وهي تمتاز بسهولتها وسرعتها ولا تحتاج إلى عمليات حسابية كثيرة ، وهذه الطريقة تسمى أيضاً بطريقة زوايا الانحراف ، ويتم فيها استعمال جهاز التيودوليت لتوقيع الزوايا والشريط لتوقيع المسافات لتثبيت نقاط المنحنى .

وتوجد بعض المصطلحات المستخدمة في هذه الطريقة وهي كما بالشكل التالي :



توقيع المنحنى الدائري بطريقة زوايا الانحراف

و١ = الوتر الجزئي الأول وهو طول الخط المستقيم من نقطة التماس الأولى (م١) إلى أول نقطة على المنحنى نقطة (١) ، أي مثل الخط (م١ ١) .

وَ = الوتر الجزئي الأوسط وهو طول الخط المستقيم الذي يصل كل نقطة على المنحنى مثل نقطة (١) والنقطة التي تليها مباشرة نقطة(٢) أي مثل الخط (١ -٢) والخط (٢ -٣) والخط (٣ -٤) وعادة يكون طوله رقما صحيحا مثل ١٠ ، ٢٠ متراً .

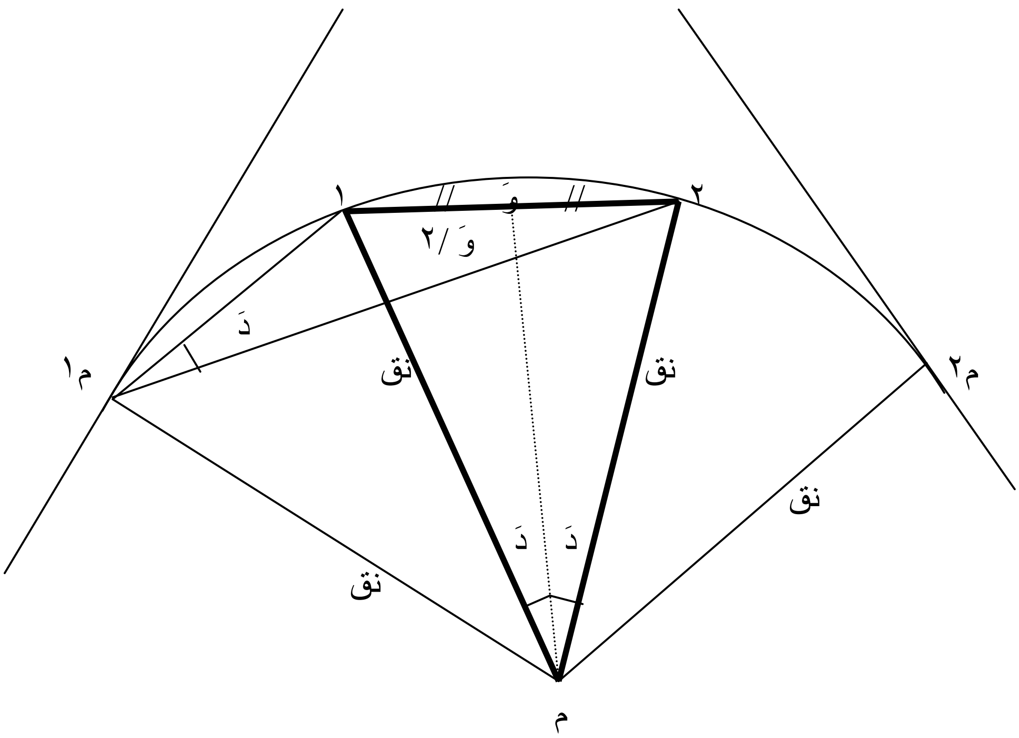
و٢ = الوتر الجزئي الأخير أو النهائي وهو طول المستقيم الذي يصل نقطة التماس الثانية (م٢) بالنقطة الأخيرة على المنحنى نقطة(٤) كما بالشكل ، أي مثل الخط (م٢ - ٤) .

د١ = زاوية الانحراف الجزئية الأولى وهي الزاوية الأفقية بين المماس الأول (م١ط) والوتر الجزئي الأول (م١ ١) أي الزاوية (ط م١ ١) وهذه الزاوية تساوي نصف الزاوية المركزية المنشأة على الوتر أو القوس الجزئي .

دَ = زاوية الانحراف الجزئية الوسطى وهي أي زاوية أفقية يحصرها وتر جزئي أوسط عند نقطة التماس الأولى (م١) مثل الزاوية (١ م١ ٢) وأيضاً الزاوية (٢ م١ ٣) وأيضاً الزاوية (٣ م١ ٤) .

د ٢ = زاوية الانحراف الجزئية الأخيرة (النهائية) وهي الزاوية الأفقية التي يحصرها الوتر الجزئي الأخير عند نقطة التماس الأولى (م١) أي الزاوية (٤ م١ م٢) .

العلاقة بين الوتر الجزئي وزاوية الانحراف الجزئية



الوتر الجزئي وزاوية الانحراف الجزئية

كما بالشكل في المثلث (م ١ ٢) :

جا دَ = وَ ÷ ٢نق

إذن .... دَ (بالدرجات) = (٩٠° × وَ) ÷ (ط × نق)

وهذه العلاقة يمكن تطبيقها على كل الأوتار الجزئية (و١ ، و٢) لإيجاد زوايا الانحراف المقابلة لكل وتر جزئي عند نقطة التماس (م١) أي الزوايا (د١ ، د٢) .

مثال (١):

منحنى دائري بسيط نصف قطره ٢٠٠ متراً يصل بين محورين لطريقين مستقيمين متقاطعين بزاوية انحراف قدرها ٣٠° ومحطة نقطة التقاطع (ط) هي ٢٢٥٦,٥٩ متراً . المطلوب حساب كل المعلومات اللازمة لتوقيع المنحنى باستعمال التيودوليت والشريط مع عمل التحقيق الحسابي.

الحــــــــــل

أ - حساب طول المماس وطول المنحنى :

(١) طول المماس (ف) = نق × ظا هـ/٢ = ٢٠٠ × ظا ٢/٣٠ = ٥٣,٥٩ متراً

(٢) طول المنحنى (ل) = (ط × نق × هـ) ÷ ١٨٠°= (ط × ٢٠٠ × ٣٠°) ÷ ١٨٠° = ١٠٤,٧٢ متراً

ب - حساب محطات(م١ ، م٢) جميع نقط المنحنى :

(١) محطة م١ = محطة نقطة التقاطع (ط) - طول المماس (ف)

= ٢٢٥٦,٥٩ - ٥٣,٥٩ = ٢٢٠٣,٠٠ متراً

(٢) محطة م٢ = محطة (م١) + طول المنحنى (ل)

= ٢٢٠٣,٠٠ + ١٠٤,٧٢ = ٢٣٠٧,٧٢ متراً

ـ نختار طولاً واحداً مناسباً للأوتار الجزئية الوسطى (وَ) مثل ١٠ أمتار أو ٢٠ متراً

بحيث يكون وَ ≪ نق / ٢٠

نق ÷ ٢٠ = ٢٠٠ ÷ ٢٠ = ١٠ أمتار وبالتالي نختار وَ = ١٠ أمتار

(٣) محطة النقطة الأولى على المنحنى (نقطة ١) = أول رقم لمضاعفات العشرة (وَ) بعد محطة م١ (٢٣٠٧,٧٢ متراً) = ٢٢١٠ متراً

(٤) محطة النقطة الأخيرة على المنحنى = آخر رقم لمضاعفات العشرة قبل محطة م٢ (٢٣٠٧,٧٢ متراً) = ٢٣٠٠,٠٠ متراً .

(٥) إذن محطات نقط المنحنى بداية من نقطة م١ إلى نقطة م٢ هي :

(٢٢٠٣,٠٠ ، ٢٢١٠ ، ٢٢٢٠ ، ٢٢٣٠ ، ٢٢٤٠ ، ٢٢٥٠ ، ٢٢٦٠ ، ٢٢٧٠ ، ٢٢٨٠ ، ٢٢٩٠ ، ٢٣٠٠ ، ٢٣٠٧,٧٢)

جـ - حساب أطوال الأوتار الجزئية :

(١) طول الوتر الجزئي الأول (و١) = محطة النقطة الأولى على المنحنى - محطة م١

= ٢٢١٠,٠٠ - ٢٢٠٣,٠٠ = ٧,٠٠ أمتار

(٢) طول الوتر الجزئي الأوسط (وَ) = ١٠ أمتار (≯ نق / ٢٠)

(٣) طول الوتر الجزئي الأخير (و٢) = محطة م٢ - محطة النقطة الأخيرة على المنحنى

= ٢٣٠٧,٧٢ - ٢٣٠٠,٠٠ = ٧,٧٢ متراً

(٤) عدد الأوتار الجزئية الوسطى (ن) =

(محطة النقطة الأخيرة - محطة النقطة الأولى) ÷ وَ

= (٢٣٠٠ - ٢٢١٠) ÷ ١٠ = ٩ أوتار

(٥) عدد النقط على المنحنى = عدد الأوتار الوسطى (ن) + ١

= ٩ + ١ = ١٠ نقط

د - حساب زوايا الانحراف الجزئية :

من تطبيق المعادلة يمكن حساب زوايا الانحراف الجزئية كالتالي :

(١) زاوية الانحراف الجزئية الأولى (د١) = (٩٠° × و١) ÷ (ط × نق) =

= (٩٠ × ٧) ÷ (ط × ٢٠٠) = ١٠″ ٠٠′ ١°

(٢) زاوية الانحراف الجزئية الوسطى (دَ) = (٩٠° × وَ) ÷ (ط × نق) =

= (٩٠° × ١٠) ÷ (ط × ٢٠٠) = ٥٧″ ٢٥′ ١°

(٣) زاوية الانحراف الجزئية الأخيرة (د٢) = (٩٠° × و٢) ÷ (ط × نق) =

= (٩٠ × ٧,٧٢) ÷ (ط × ٢٠٠) = ٢١″ ٠٦′ ١°

هـ - التحقيق الحسابي :

وهو أن مجموع (د١ + ن × دَ + د٢) يجب أن يساوي هـ / ٢

(١) هـ / ٢ = ٣٠° / ٢ = ١٥°

(٢) د١ + ن × دَ + د٢ = ١٠″ ٠٠′ ١° + ٥٧″ ٢٥′ ١° × ٩ + ٢١″ ٠٦′ ١° =

= ٠٤″ ٠٠′ ١٥°

يوجد فرق ٤″ وهذا نتيجة التقريب ، وبالتالي يكون التحقيق الحسابي صحيحاً .

جدول التوقيع بالطبيعة

نقطة المنحنى	محطة النقطة	طول الوتر الجزئي (بالمتر)	زاوية الانحراف الجزئية	زاوية الانحراف الكلية (قراءة الدائرة الأفقية)	ملحوظات
١	٢٢١٠	٧,٠٠	٠١° ٠٠´ ١٠˝	٠١° ٠٠´ ١٠˝	اتجاه نقطة(١)
٢	٢٢٢٠	١٠	٠١° ٢٥´ ٥٧˝	٠٢° ٢٦´ ٠٧˝	" (٢)
٣	٢٢٣٠	١٠	٠١° ٢٥´ ٥٧˝	٠٣° ٥٢´ ٠٤˝	" " (٣)
٤	٢٢٤٠	١٠	٠١° ٢٥´ ٥٧˝	٠٥° ١٨´ ٠١˝	" " (٤)
٥	٢٢٥٠	١٠	٠١° ٢٥´ ٥٧˝	٠٦° ٤٣´ ٥٨˝	" " (٥)
٦	٢٢٦٠	١٠	٠١° ٢٥´ ٥٧˝	٠٨° ٠٩´ ٥٥˝	" " (٦)
٧	٢٢٧٠	١٠	٠١° ٢٥´ ٥٧˝	٠٩° ٣٥´ ٥٢˝	" " (٧)
٨	٢٢٨٠	١٠	٠١° ٢٥´ ٥٧˝	١١° ٠١´ ٤٩˝	" " (٨)
٩	٢٢٩٠	١٠	٠١° ٢٥´ ٥٧˝	١٢° ٢٧´ ٤٦˝	" " (٩)
١٠	٢٣٠٠	١٠	٠١° ٢٥´ ٥٧˝	١٣° ٥٣´ ٤٣˝	" " (١٠)
م٢	٢٣٠٧,٧٢	٧,٧٢	٠١° ٠٦´ ٢١˝	١٥° ٠٠´ ٠٤˝	اتجاه نقطة م٢

ويلاحظ أن قراءة الدائرة الأفقية هي عبارة عن جمع تراكمي لزوايا الانحراف الجزئية وهذا لتسهيل العمل بجهاز التيودوليت بجعل التصفير مرة واحدة على اتجاه نقطة (ط) ثم نأخذ قراءات الدائرة الأفقية مع المسافة لتوقيع نقط المنحنى.

مثال (٢) :

احسب كل المعلومات اللازمة لتوقيع المنحنى الأفقي البسيط باستخدام التيودوليت والشريط إذا كان نصف قطر المنحنى يساوي ٢٠٥ متراً وزاوية الانحراف ٢٤° ومحطة نقطة التقاطع (ط) ٩٥٦,٦٧ متراً مع عمل التحقيق الحسابي وتدوين النتائج في جدول التوقيع في الطبيعة .

الحــــــــــل

نق = ١٠٥ متراً   هـ = ٢٤°   هـ / ٢ = ١٢°   محطة (ط) = ٩٥٦,٦٧ متراً

أ - حساب طول المماس وطول المنحنى :

(١) طول المماس (ف) = نق × ظا هـ/٢ = ٢٠٥ × ظا ١٢° = ٤٣,٥٧متراً

(٢) طول المنحنى (ل) = (ط × نق × هـ) ÷ ١٨٠° = (ط × ٢٠٥ × ٢٤°) ÷ ١٨٠° = ٨٥,٨٧ متراً

ب - حساب محطات(م١ ، م٢) جميع نقط المنحنى :

(١) محطة م١ = محطة نقطة التقاطع (ط) - طول المماس (ف)

= ٩٥٦,٦٧ - ٤٣,٥٧ = ٩١٣,١٠ متراً

(٢) محطة م٢ = محطة (م١) + طول المنحنى (ل)

= ٩١٣,١٠+ ٨٥,٨٧ = ٩٩٨,٩٧ متراً

ـ نختار طولاً واحداً مناسباً للأوتار الجزئية الوسطى (وَ) مثل ١٠ أمتار أو ٢٠ متراً

بحيث يكون   وَ ≯ نق / ٢٠

نق ÷ ٢٠ = ٢٠٥ ÷ ٢٠ = ١٠,٢٥ متراً   وبالتالي نختار وَ = ١٠ أمتار

(٣) محطة النقطة الأولى على المنحنى (نقطة ١) = أول رقم لمضاعفات العشرة (وَ)

بعد محطة م١ (٩١٣,١٠ متراً) = ٩٢٠ متراً

(٤)) محطة النقطة الأخيرة على المنحنى = آخر رقم لمضاعفات العشرة قبل محطة م٢

(٩٩٨,٩٧ متراً) = ٩٩٠ متراً .

(٥) إذن محطات نقط المنحنى بداية من نقطة م١ إلى نقطة م٢ هي :

(٩١٣,١٠ ، ٩٢٠ ، ٩٣٠ ، ٩٤٠ ، ٩٥٠ ، ٩٦٠ ، ٩٧٠ ، ٩٨٠ ، ٩٩٠ ، ٩٩٨,٩٧ متراً)

جـ - حساب أطوال الأوتار الجزئية :

(١) طول الوتر الجزئي الأول (و١) = محطة النقطة الأولى على المنحنى - محطة م١

= ٩٢٠,٠٠ - ٩١٣,١٠= ٦,٩٠ متراً

(٢) طول الوتر الجزئي الأوسط (وَ) = ١٠ أمتار (نق / ٢٠)

(٣) طول الوتر الجزئي الأخير (و٢) = محطة م٢ - محطة النقطة الأخيرة على المنحنى

= ٩٩٨,٩٧ - ٩٩٠,٠٠ = ٨,٩٧ متراً

(٤) عدد الأوتار الجزئية الوسطى (ن) = (محطة النقطة الأخيرة - محطة النقطة الأولى) ÷ وَ

= (٩٩٠ - ٩٢٠) ÷ ١٠ = ٧ أوتار

(٥) عدد النقط على المنحنى = عدد الأوتار الوسطى (ن) + ١

= ٧ + ١ = ٨ نقط

د - حساب زوايا الانحراف الجزئية :

من تطبيق المعادلة يمكن حساب زوايا الانحراف الجزئية كالتالي :

(١) زاوية الانحراف الجزئية الأولى (د١) = (٩٠ْ × و١) ÷ (ط × نق) =

= (٩٠ × ٦,٩٠) ÷ (ط × ٢٠٥) = ٥١ً ٥٧َ ٠٠ْ

(٢) زاوية الانحراف الجزئية الوسطى (دَ) = (٩٠ْ × وَ) ÷ (ط × نق) =

= (٩٠ْ × ١٠) ÷ (ط × ٢٠٥) = ٥١ً ٢٣َ ١ْ

(٣) زاوية الانحراف الجزئية الأخيرة (د٢) = (٩٠ْ × و٢) ÷ (ط × نق) =

= (٩٠ × ٨,٩٧) ÷ (ط × ٢٠٥) = ١٣ً ١٥َ ١ْ

هـ - التحقيق الحسابي :

وهو أن مجموع (د١ + ن × دَ + د٢) يجب أن يساوي هـ / ٢

(١) هـ / ٢ = ٢٤ْ / ٢ = ١٢ْ

(٢) د١ + ن × دَ + د٢ = ٥١ً ٥٧َ ٠٠ْ + ٥١ً ٢٣َ ١ْ × ٧ + ١٣ً ١٥َ ١ْ =

= ١٠ً ٠٠َ ١٢ْ

يوجد فرق ١٠ً وهذا نتيجة التقريب ، وبالتالي يكون التحقيق الحسابي صحيحاً .

جدول التوقيع بالطبيعة

نقطة المنحنى	محطة النقطة	طول الوتر الجزئي (بالمتر)	زاوية الانحراف الجزئية	زاوية الانحراف الكلية (قراءة الدائرة الأفقية)	ملاحظات
١	٩٢٠	٦,٩٠	٠٠° ٥٧′ ٥١″	٠٠° ٥٧′ ٥١″	اتجاه نقطة(١)
٢	٩٣٠	١٠	٠١° ٢٣′ ٥١″	٠٢° ٢١′ ٤٢″	" " (٢)
٣	٩٤٠	١٠	٠١° ٢٣′ ٥١″	٠٣° ٤٥′ ٣٣″	" " (٣)
٤	٩٥٠	١٠	٠١° ٢٣′ ٥١″	٠٥° ٠٩′ ٢٤″	" " (٤)
٥	٩٦٠	١٠	٠١° ٢٣′ ٥١″	٠٦° ٣٣′ ١٥″	" " (٥)
٦	٩٧٠	١٠	٠١° ٢٣′ ٥١″	٠٧° ٥٧′ ٠٦″	" " (٦)
٧	٩٨٠	١٠	٠١° ٢٣′ ٥١″	٠٩° ٢٠′ ٥٧″	" " (٧)
٨	٩٩٠	١٠	٠١° ٢٣′ ٥١″	١٠° ٤٤′ ٤٨″	" " (٨)
م٢	٩٩٨,٩٧	٨,٩٧	٠١° ١٥′ ١٣″	١٢° ٠٠′ ٠١″	اتجاه نقطة م٢

ملحوظة هامة :

إذا كان نصف قطر المنحنى (نق) وزاوية الانحراف (هـ) معلومتين والحصول على محطة نقطة التقاطع (ط) غير متاح ، أي إنها غير معلومة فيكون حساب طول الوتر الجزئي الأول هو نفسه الوتر الجزئي الأوسط (وَ) . أي يوجد وتران جزئيان فقط هما (وَ ، و٢) وبالتالي توجد زاويتان انحراف جزئيتان فقط هما (دَ ، د٢) . وبالتالي تكون الحسابات كما بالمثال التالي :

مثال (٣) :

احسب كل المعلومات اللازمة لتوقيع المنحنى الأفقي البسيط باستخدام التيودوليت والشريط إذا كان نصف قطر المنحنى يساوي ٤٠٠ متراً ، وزاوية الانحراف ٢٤° مع عمل التحقيق الحسابي وتدوين النتائج في جدول .

الحـــــــــــل

نق = ٤٠٠ متراً   هـ = ٢٤°   هـ/٢ = ٢٤/٢ = ١٢°

أ - حساب (ف ، ل) :

(١) ف = نق × ظا هـ/٢ = ٤٠٠ × ظا ١٢° = ٨٥,٠٢ متراً

(٢) ل = (ط × نق × هـ) ÷ ١٨٠° = (ط × ٤٠٠ × ٢٤°) = ١٦٧,٥٥ متراً

ب - حساب أطوال الأوتار الجزئية :

(١) نق / ٢٠ = ٤٠٠ / ٢٠ = ٢٠ متراً

بما أن و َ ≯ نق ÷ ٢٠   إذن و َ = ٢٠ متراً

(٢) عدد الأوتار التي طولها (و َ) = العدد الصحيح لناتج (ل / و َ)

بما أن ل ÷ و َ = ١٦٧,٥٥ ÷ ٢٠ = ٨,٣٧٧

إذن عدد الأوتار التي طولها (و َ) = ٨ أوتار

(٣) مجموع أطوال الأوتار الصحيحة = عدد الأوتار التي طولها (و َ) × و َ = ٨ × ٢٠ = ١٦٠ متراً

(٤) طول الوتر الجزئي الأخير (و٢) = ل - مجموع أطوال الأوتار الصحيحة

= ١٦٧,٥٥ - ١٦٠ = ٧,٥٥ متراً

جـ - حساب زوايا الانحراف الجزئية :

(١) الزاوية (د َ) المقابلة للوتر الجزئي (وَ) = (٩٠° × وَ) ÷ (ط × نق) =

= (٩٠° × ٢٠) ÷ (ط × ٤٠٠) = ٥٧″ ٢٥′ ١°

(٢) الزاوية (د٢) المقابلة للوتر الجزئي (و٢) = (٩٠° × و٢) ÷ (ط × نق) =

= (٩٠° × ٧,٥٥) ÷ (ط × ٤٠٠) = ٢٧″ ٣٢′ ٠٠°

د - التحقيق الحسابي :

وهو أن مجموع زوايا الانحراف الجزئية يجب أن يساوي هـ / ٢

(١) مجموع زوايا الانحراف الجزئية = (د َ × ٨) + د٢

إذن مجموع زوايا الانحراف الجزئية = ٥٧″ ٢٥′ ٠١° × ٨ + ٢٧″ ٣٢′ ٠٠° = ٠٣″ ٠٠′ ١٢°

(٢) هـ / ٢ = ٢٤ / ٢ = ١٢°

إذن يوجد فرق ٣″ وهذا نتيجة لتقريب الأرقام وبالتالي يكون التحقيق الحسابي صحيحاً

جدول التوقيع بالطبيعة

نقطة المنحنى	طول الوتر الجزئي (بالمتر)	زاوية الانحراف الجزئية	زاوية الانحراف الكلية (قراءة الدائرة الأفقية)	ملاحظات
١	٢٠	٥٧″ ٢٥′ ٠١°	٥٧″ ٢٥′ ٠١°	اتجاه نقطة(١)
٢	٢٠	٥٧″ ٢٥′ ٠١°	٥٤″ ٥١′ ٠٢°	" " (٢)
٣	٢٠	٥٧″ ٢٥′ ٠١°	٥١″ ١٧′ ٠٤°	" " (٣)
٤	٢٠	٥٧″ ٢٥′ ٠١°	٤٨″ ٤٣′ ٠٥°	" " (٤)
٥	٢٠	٥٧″ ٢٥′ ٠١°	٤٥″ ٠٩′ ٠٧°	" " (٥)
٦	٢٠	٥٧″ ٢٥′ ٠١°	٤٢″ ٣٥′ ٠٨°	" " (٦)
٧	٢٠	٥٧″ ٢٥′ ٠١°	٣٩″ ٠١′ ١٠°	" " (٧)
٨	٢٠	٥٧″ ٢٥′ ٠١°	٣٦″ ٢٧′ ١١°	" " (٨)
م٢	٧,٥٥	٢٧″ ٣٢′ ٠٠°	٠٣″ ٠٠′ ١٢°	اتجاه نقطة م٢

التمرين العملي الثالث

الغرض من التمرين :

توقيع المنحنى الأفقي البسيط بالطبيعة باستخدام التيودوليت والشريط (طريقة زوايا الانحراف)

الأدوات والأجهزة المستخدمة :

١ - تيودوليت بالحامل .

٢ - شريط .

٣ - ثلاثة شواخص بالحامل .

٤ - أوتاد ومطرقة ومسامير .

خطوات العمل :

١ - يتم اختيار محورين لطريقين مستقيمين متقاطعين في الطبيعة بحيث يكونان مناسبين لمساحة وطبيعة موقع التنفيذ ، ثم نضع أوتاداً في كل منهما .

٢ - نوقع نقطة التقاطع (ط) كما سبق شرحه وهو بفرد خيط على نهايتي كل من المحورين ومدهما حتى يتقاطعا في نقطة (ط) ثم نثبت عندها وتداً ثم نثبت في رأس الوتد مسماراً ثم نضع شاخصاً بالحامل على نقطة (ط) .

٣ - يتم قياس زاوية الانحراف على نقطة (ط) .

٤ - يتم فرض قيمة مناسبة لنصف قطر المنحنى (نق) للتمرين .

٥ - نوقع نقطتي التماس (م١ ، م٢) ويتم ذلك بحساب طول المماس (ف) من المعادلة (ف = نق ظا هـ/٢) . ثم نوقع هذا الطول من نقطة التقاطع (ط) في اتجاه المحور الأول لنحصل على نقطة التماس الأولى (م١) ثم نوقع نفس الطول من نقطة التقاطع (ط) وفي اتجاه المحور الثاني لنثبت نقطة (م٢) ثم ندق أوتاداً عند (م١ ، م٢) ونثبت في رأس كل وتد مسماراً .
ثم نضع شاخصاً بالحامل فوق نقطة (م٢) .

٦ - يتم حساب جدول التوقيع بالطبيعة كما في الأمثلة السابقة وهو كالآتي :

أ - نعين محطة نقطة التقاطع (ط) وهي المسافة الأفقية على محور المشروع الأول بداية من أول نقطة على المشروع الأول (محطة الصفر) إلى نقطة تقاطع المحورين (ط) .

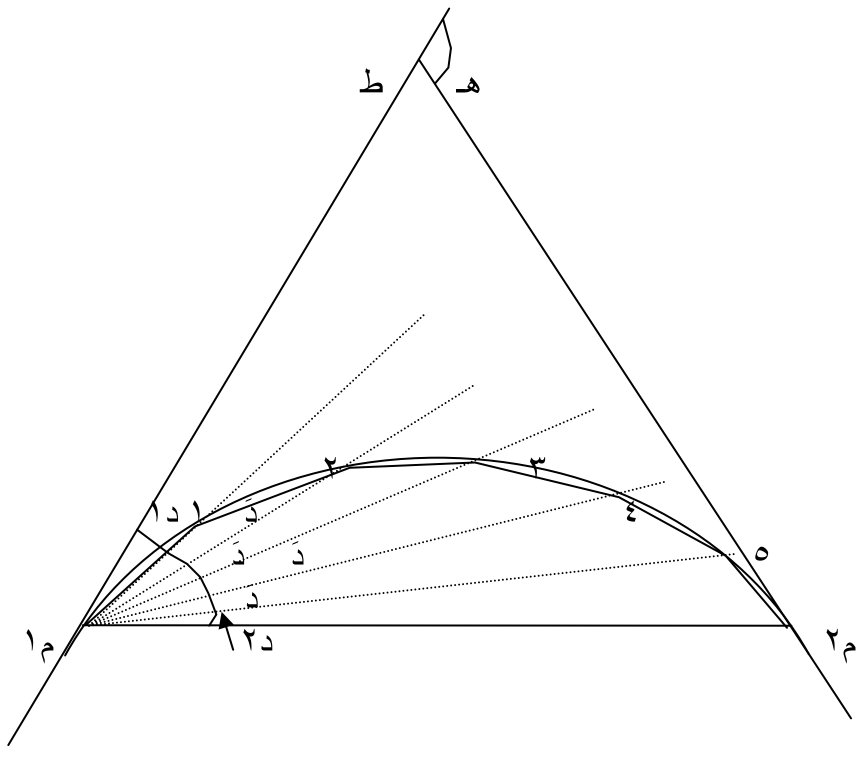
ب - نحسب طول المنحنى { ل = (ط × نق × هـ) ÷ ١٨٠° } ويكون طول المماس (ف) محسوباً سابقاً وبالتالي يمكن حساب محطتي نقطتي التماس (م١ ، م٢) .

جـ - نحسب أطوال الأوتار الجزئية (و١ ، وَ ، و٢) كما في الأمثلة السابقة ، فنختار طول الوتر الجزئي الأول (و١) بحيث تكون محطة النقطة الأولى على المنحنى رقما مدورا يقبل القسمة على (١٠ م أو٢٠م) بشرط أن يكون طول هذا الوتر ـ وكذلك طول أي وتر جزئي آخر ـ أقل من قيمة (نق/٢٠) ثم نختار طولاً واحداً مناسباً للأوتار الجزئية الوسطى (وَ) بحيث تكون محطات نقاط المنحنى ذات أرقام مدورة وفي الغالب نختار طول (وَ) يساوي (١٠م أو ٢٠م) أيهما أقل من (نق/٢٠) ونختار طول الوتر الجزئي الأخير (و٢) بحيث يكمل مع طول الوتر الجزئي الأول (و١) ومجموع الأوتار الجزئية الوسطى (ن × وَ) طول المنحنى الكلي (ل) .

د - وبمعرفة نصف قطر المنحنى (نق) وأطوال الأوتار الجزئية نستطيع أن نحسب زوايا الانحراف المقابلة لكل وتر جزئي عند نقطة التماس (م١) .

هـ - يتم عمل التحقيق الحسابي وهو أن (د١ + ن × دَ + د٢ = هـ/٢) ثم يتم عمل جدول التوقيع بالطبيعة.

٧ - نقوم بعملية التوقيع لنقاط المنحنى كما بالشكل وهي كالآتي :



أ - نثبت جهاز التيودوليت فوق نقطة (م١) ونعمل ضبطاً مؤقتاً للتيودوليت ثم نوجه المنظار نحو نقطة (ط) ونصفر الدائرة الأفقية .

ب - ندير منظار التيودوليت إلى اليمين زاوية أفقية مقدارها (د١) وعلى هذا الاتجاه تقع نقطة المنحنى الأولى (١) ونضع أول الشريط عند نقطة (م١) ويمسك شخص آخر طولاً يساوي (و١) ويتحرك في اتجاه المنظار إلى أن يتقاطع خط نظر المنظار مع المسافة (و١) في نقطة المنحنى رقم (١) فنثبت عندها وتداً .

جـ - ندير المنظار من هذا الاتجاه إلى اليمين زاوية أفقية مقدارها (دَ) فتكون قراءة الدائرة الأفقية للتيودوليت هي (د١ + دَ) ونقيس مسافة مقدارها (وَ) من النقطة (١) في اتجاه اليمين حتى يتقاطع خط نظر المنظار مع هذه المسافة في نقطة المنحنى رقم (٢) فنثبت عندها وتداً .

د - ندير المنظار إلى اليمين زاوية أفقية مقدارها (دَ) وتكون قراءة الدائرة الأفقية هي (د١ + ٢دَ) ونقيس مسافة مقدارها (وَ) من نقطة (٢) في اتجاه اليمين ، وعند تقاطع هذه المسافة مع خط نظر الجهاز نثبت نقطة المنحنى رقم (٣) .

هـ - نستمر على هذا المنوال حتى نثبت النقطة الأخيرة على المنحنى .

التحقق من العمل :

التحقق الأول :

بعد أن يتم تثبيت النقطة الأخيرة من النقاط المتوسطة وهي النقطة التي تسبق نقطة (م٢) مباشرة يمكن قياس المسافة بين هذه النقطة ونقطة التماس الثانية أي المسافة (و٢) والتحقق من أن هذه المسافة (و٢) المقاسة تساوي طول الوتر الجزئي الأخير (و٢) المحسوب ، فإذا كانت القيمتان متساويتين دل ذلك على أن العمل خال من الخطأ ، وإن كان الفرق قليلاً أي في حدود ٥ - ١٠ سم فإنه يتم تعديل مواقع جميع الأوتاد المغروسة التي تمثل نقاط المنحنى بحيث تصبح المسافة (و٢) المقاسة في الطبيعة تساوي (و٢) المحسوبة .

التحقق الثاني :

نقيس زاوية الانحراف الجزئية الأخيرة (د٢) من نقطة (م١) أي الزاوية (٥ م١ م٢) كما بالشكل السابق فيجب أن تساوي زاوية الانحراف الجزئية الأخيرة (د٢) المحسوبة ، أي بمعنى أنه عند توجيه المنظار على نقطة (م٢) يجب أن تكون قراءة الدائرة الأفقية هي (د١ + ن × دَ + د٢) .

الجدارة :

أن يتعرف المتدرب على توقيع المنحنى الأفقي البسيط بواسطة جهازي تيودوليت .

الأهداف :

بنهاية هذا التمرين سيتمكن المتدرب بإذن الله من معرفة توقيع المنحنى الأفقي البسيط في الطبيعة بواسطة جهازي تيودوليت .

مستوى الأداء :

أن يصل المتدرب إلى نسبة ١٠٠٪ من الهدف وهو التعرف على كيفية توقيع منحنى أفقي بسيط في الطبيعة بواسطة جهازي تيودوليت .

الوقت المتوقع للتدريب :

٦ ساعات

الوسائل المساعدة :

١ - عدد ٢ جهاز تيودوليت مع الحامل .

٢ - مطرقة ومسامير وأوتاد .

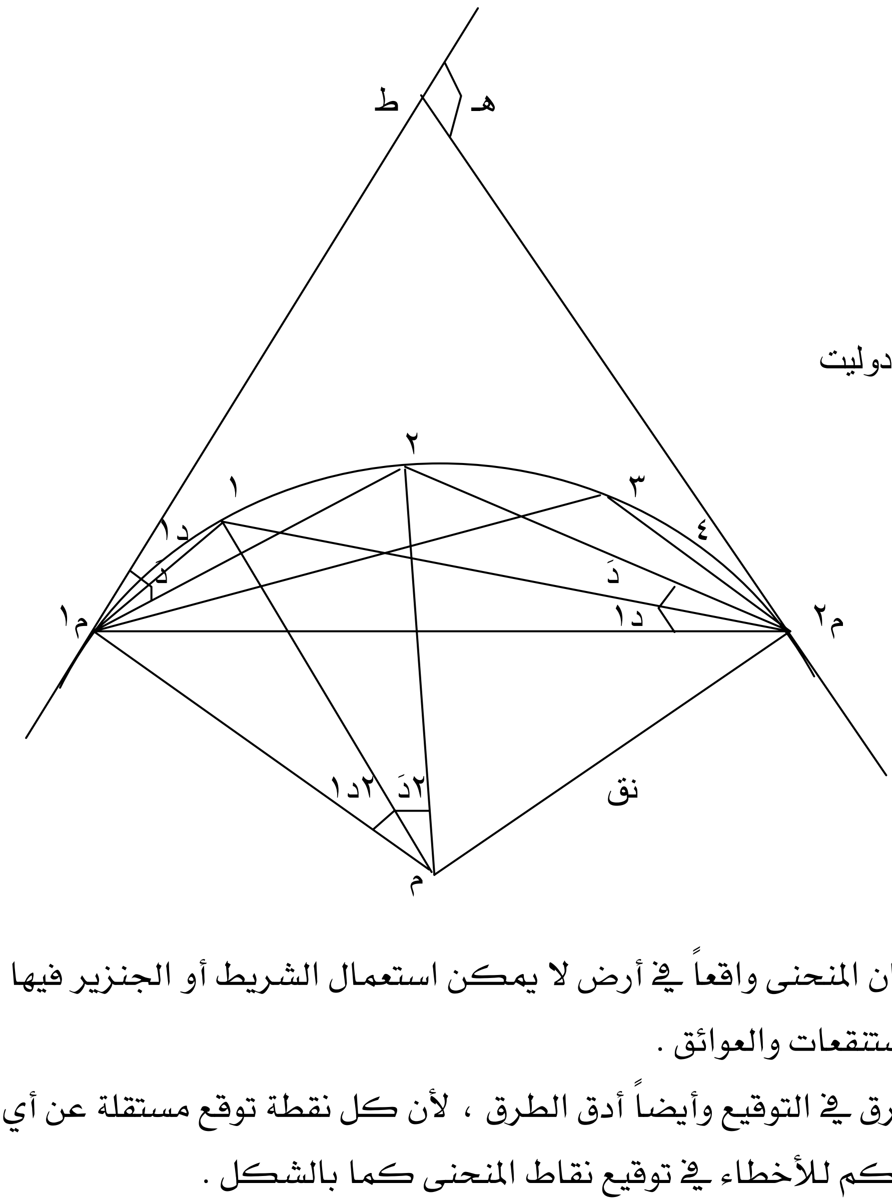
٣ - عدد ٢ شاخص بالحامل .

٤ - شريط قياس .

٣ - توقيع المنحنى الأفقي البسيط باستخدام جهازي تيودوليت

شرح طريقة التوقيع :

كما بالشكل التالي، في هذه الطريقة يوضع جهاز تيودوليت في كل من نقطتي التماس (م١ ، م٢) فيتم توقيع النقطة (١) على المنحنى من تقاطع خط النظر (م١ ١)،(م٢ ١) وأيضا يتم توقيع النقطة (٢) على المنحنى من تقاطع خطي النظر (م١ ٢) ، (م٢ ٢) وكذلك يتم توقيع النقطة (٣) على المنحنى من تقاطع خط النظر (م١ ٣) مع خط النظر (م٢ ٣) وهكذا لباقي نقاط المنحنى .



كروكي التوقيع بجهازي التيودوليت

تستعمل هذه الطريقة إذا كان المنحنى واقعاً في أرض لا يمكن استعمال الشريط أو الجنزير فيها كما في حالة الأراضي الوعرة والمستنقعات والعوائق .

تعتبر هذه الطريقة أسرع الطرق في التوقيع وأيضاً أدق الطرق ، لأن كل نقطة توقع مستقلة عن أي نقطة أخرى ، وبالتالي لا يوجد تراكم للأخطاء في توقيع نقاط المنحنى كما بالشكل .

وفي هذه الطريقة يتم حساب زوايا الانحراف الجزئية (د١ ، دَ ، د٢) كما في طريقة زوايا الانحراف السابقة .

التمرين العملي الرابع

الغرض من التمرين :

توقيع منحنى أفقي بسيط بالطبيعة باستخدام عدد (٢) جهاز تيودوليت

الأدوات والأجهزة المستخدمة :

١ - عدد (٢) جهاز تيودوليت بالحامل .

٢ - شريط .

٣ - شاخصان بالحامل .

٤ - أوتاد ومطرقة ومسامير .

خطوات العمل :

ملحوظة : أول خمس خطوات في التوقيع يتم تنفيذها في بداية كل تمرين عملي .

١ - يتم اختيار محورين لطريقين مستقيمين متقاطعين في الطبيعة بحيث يكونان مناسبين لمساحة وطبيعة موقع التنفيذ ، ثم نضع أوتاداً في كل منهما .

٢ - نوقع نقطة التقاطع (ط) كما سبق شرحه وهو بفرد خيط على نهايتي كل من المحورين ومدهما حتى يتقاطعا في نقطة (ط) ثم نثبت عندها وتداً ثم نثبت في رأس الوتد مسماراً ثم نضع شاخصاً بالحامل على نقطة (ط) .

٣ - يتم قياس زاوية الانحراف (هـ) على نقطة (ط) .

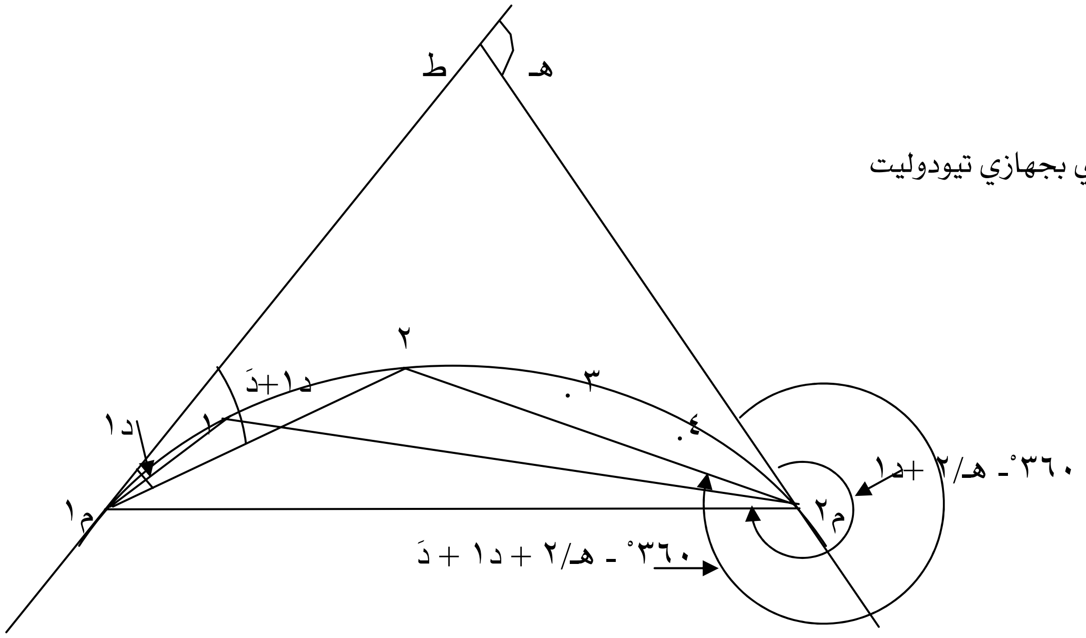
٤ - يتم فرض قيمة مناسبة لنصف قطر المنحنى (نق) للتمرين .

٥ - نوقع نقطتي التماس (م١ ، م٢) ويتم ذلك بحساب طول المماس (ف) من المعادلة (ف = نق× ظا هـ/٢) . ثم نوقع هذا الطول من نقطة التقاطع (ط) في اتجاه المحور الأول لنحصل على نقطة التماس الأولى (م١) ثم نوقع نفس الطول من نقطة التقاطع (ط) وفي اتجاه المحور الثاني لنثبت نقطة (م٢) ثم ندق أوتاداً عند (م١ ، م٢) ونثبت في رأس كل وتد مسماراً .

٦ - يتم حساب زوايا الانحراف الجزئية (د١ ، دَ ، د٢) كما في طريقة زوايا الانحراف السابقة .

٧ - نضع جهازي التيودوليت أحدهما على نقطة التماس الأولى (م١) والثاني على نقطة التماس الثانية (م٢) ، ثم يتم ضبطهما ضبطاً مؤقتاً ثم نوجه منظار كل من الجهازين نحو نقطة التقاطع (ط) ونصفر الدائرة الأفقية لجهاز التيودوليت .

٨ - ندير منظار التيودوليت الموجود عند النقطة (م١) نحو اليمين بزاوية أفقية مقدارها (د١) وندير منظار جهاز التيودوليت المتمركز عند النقطة (م٢) نحو اليمين بزاوية أفقية مقدارها (٣٦٠° - هـ/٢ + د١) ويكون هناك شخص يحمل شاخصاً يتحرك به ويتلقى الإشارة من كل راصد من الراصدين ، وعندما يكون الشاخص على خط النظر لكل منهما تكون نقطة تقاطع خطي النظر هي النقطة رقم (١) على المنحنى المطلوب توقيعها عليه فنثبت عندها وتداً كما بالشكل التالي .



توقيع المنحنى الدائري بجهازي تيودوليت

٩ - ندير منظار جهاز التيودوليت المتمركز عند نقطة (م١) جهة اليمين حتى تكون قراءة الدائرة الأفقية مقدارها (د١+ دَ) وفي نفس الوقت ندير منظار جهاز التيودوليت المتمركز عند النقطة (م٢) نحو اليمين حتى تكون قراءة الدائرة الأفقية عليه مقدارها (٣٦٠° - هـ/٢ + د١ + دَ) ونحرك الشاخص حتى يكون الشاخص على خط نظر الجهازين تكون نقطة تقاطع خطي النظر هي النقطة رقم (٢) على المنحنى ، كما بالشكل السابق ، فنثبت عند نقطة (٢) وتداً .

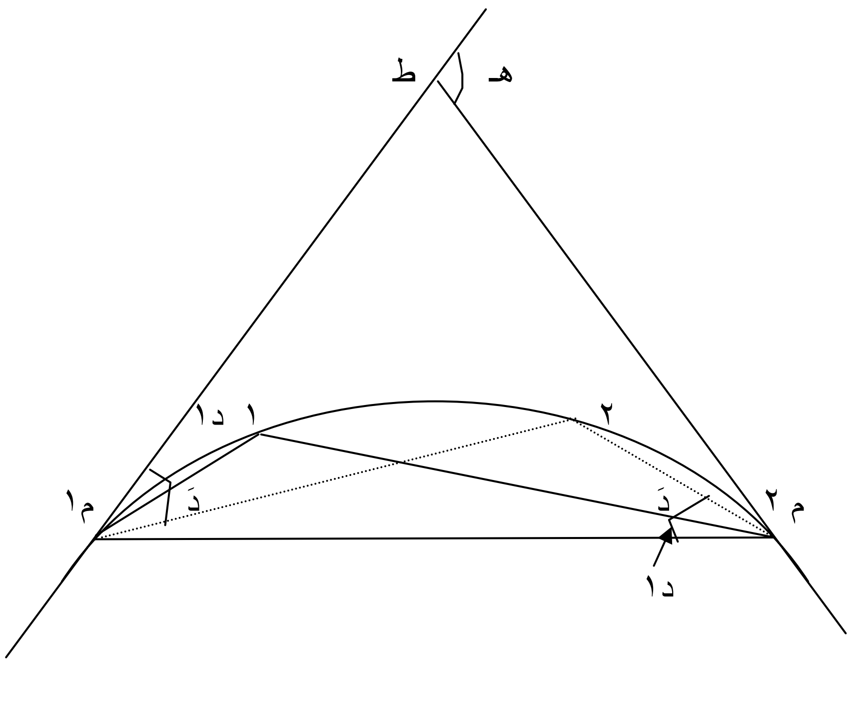
١٠ - نستمر على النهج حتى نعين عدداً كبيرًا من النقاط نستطيع أن نوصلها لنحصل على المنحنى الدائري المطلوب.

التحقق العملي :

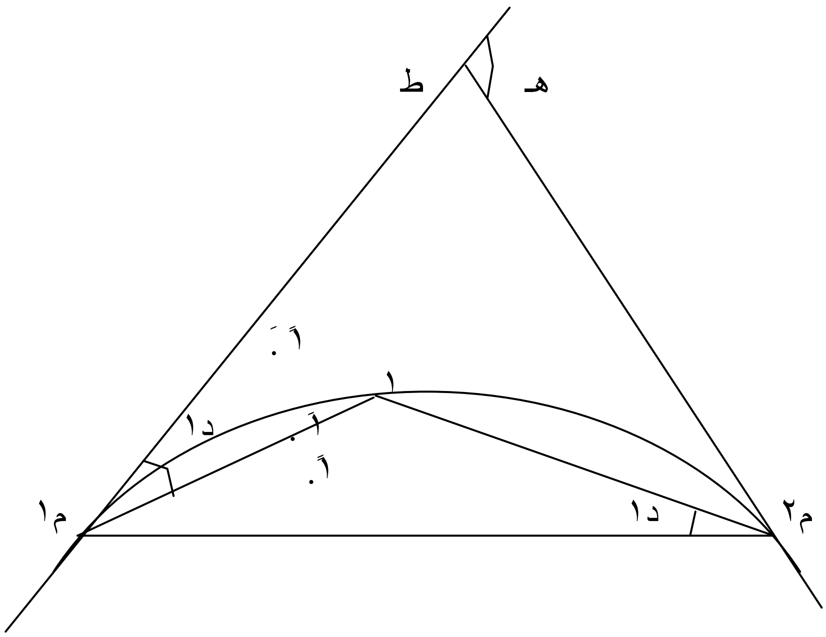
يظل التيودوليت الثاني مثبتاً على نقطة التماس الثانية (م٢) ونوجه المنظار نحو نقطة (م١) ونصفر الدائرة الأفقية للتيودوليت على هذا الاتجاه ، ثم ندير المنظار في اتجاه اليمين ونقرأ الزاوية الأفقية عند تقاطع الشعرة الرأسية للجهاز مع نقطة (١) على المنحنى ، فهذه القراءة يجب أن تكون مساوية لزاوية الانحراف (د١) . ثم ندير المنظار في اتجاه اليمين نحو نقطة (٢) على المنحنى ونقرأ قراءة الدائرة الأفقية للجهاز ، فهذه القراءة يجب أن تساوي (د١ + دَ) .

ملحوظتان هامتان :

١ - لتسهيل الحسابات يمكن توقيع نقط المنحنى باستعمال جهازي تيودوليت بأن يصفر التيودوليت الموجود فوق نقطة (م١) على نقطة (ط) بينما يصفر التيودوليت الموجود فوق نقطة (م٢) على نقطة (م١) وبالتالي نوقع النقطة (١) كما بالشكل بأن ينحرف جهاز التيودوليت الموجود على (م١) بزاوية تساوي (د١) عن المماس (م١ ط) وفي نفس الوقت ينحرف منظار التيودوليت الموجود على (م٢) بنفس الزاوية (د١) عن الوتر الكلي (م٢ م١) فيتقاطع خطا نظر الجهازين في النقطة (١) على المنحنى ونعين بنفس الطريقة باقي نقاط المنحنى .



٢ - حتى يتم توقيع نقط المنحنى في الطبيعة بسرعة وسهولة، يجب على حامل الشاخص أن يتحرك كما بالشكل التالي . فمثلا لتوقيع النقطة (١) على المنحنى فيتم التوجيه الأول من النقطة (م١) بزاوية انحراف مقدارها (د١) فيتحرك الشاخص أولاً في الاتجاه العشوائي (١ً ١َ) حتى يأخذ الوضع (١َ) ثم يتم التوجيه الثاني من النقطة (م٢) بزاوية انحراف مقدارها (د١) فيتحرك الشاخص ثانياً في امتداد الاتجاه (م١ ١َ) حتى يصل لمكان النقطة (١) فتكون هي أول نقطة على المنحنى وعملياً يتم تكرار هذه العملية أكثر من مرة حتى يتقاطع خطا النظر (م١ ١ ، م٢ ١) في النقطة (١) ، وبنفس الطريقة نوقع باقي نقاط المنحنى .



الجدارة :

أن يتعرف المتدرب على توقيع المنحنى الأفقي البسيط بواسطة جهاز المحطة المتكاملة .

الأهداف :

بنهاية هذا التمرين سيتمكن المتدرب بإذن الله من معرفة توقيع المنحنى الأفقي البسيط في الطبيعة بواسطة جهاز المحطة المتكاملة .

مستوى الأداء :

أن يصل المتدرب إلى نسبة ١٠٠٪ من الهدف وهو التعرف على كيفية توقيع منحنى أفقي بسيط في الطبيعة بواسطة جهاز المحطة المتكاملة .

الوقت المتوقع للتدريب :

٦ ساعات

الوسائل المساعدة :

١ - جهاز المحطة المتكاملة .

٢ - عدد ٢ عاكس بالحامل .

٣ - أوتاد ومطرقة ومسامير .

٤ - تخطيط المنحنيات بواسطة المحطة المتكاملة

جهاز المحطة المتكاملة عبارة عن جهاز ثيودوليت مزود بوحدة قياس مسافات إلكتروني ، كما أنه مزود بوحدة حاسب آلي لتسجيل القياسات { زوايا أفقية ورأسية ، ومسافات أفقية ورأسية ومائلة ، وإحداثيات ، وانحرافات ، ....}

وتستخدم المحطة المتكاملة لتوقيع المنحنيات وذلك بعدة طرق منها :

١ - بواسطة زاوية الانحراف (هـ) والمسافة الأفقية (ل) .

٢ - بواسطة الإحداثيات الكارتيزية (س ، ص) .

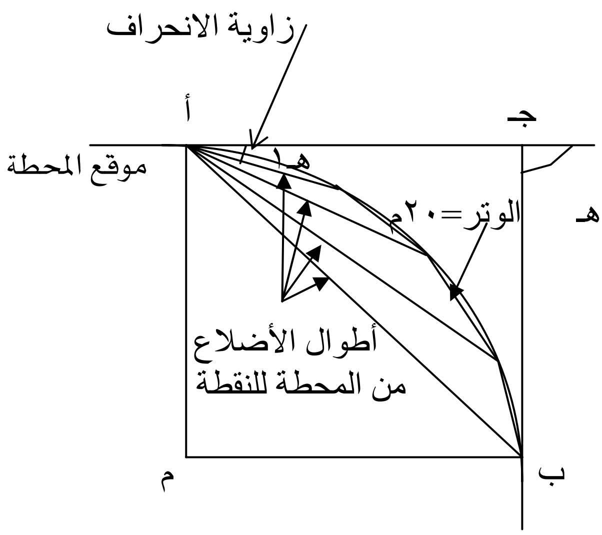
وسوف يتم شرح الطريقة الأولى (الزاوية و المسافة الأفقية) وذلك لسرعتها وسهولتها .

خطوات العمل بجهاز المحطة المتكاملة

لتوقيع المنحنى في الطبيعة بجهاز المحطة المتكاملة بطريقة زوايا الانحراف (هـ) والأطوال (ل) تتم على مرحلتين :

١ - أعمال مكتبية .

٢ - أعمال حقلية .



أولاً : العمل المكتبي : الغرض من العمل المكتبي هو :

١ - حساب زوايا الانحراف (هـ) للمحطات المختلفة وهي نفس زوايا الانحراف التي يتم حسابها بطريقة التيودوليت والشريط وذلك من نقطة التماس (أ) .

٢ - يتم حساب الأطوال المختلفة وذلك من نقطة المحطة والتي تم تثبيتها عند نقطة التماس الأولى (أ) إلى النقاط المختلفة والتي تقع على المنحنى حتى نصل إلى نقطة التماس الثانية .

هـ ١ = (١٧١٨,٩ × ل) ÷ نق = دقائق

حيث : ل = طول الوتر وغالبا = ٢٠ متراً

طول الضلع من نقطة المحطة إلى النقاط المختلفة

طول الضلع رقم (١) = { ل × جا (١٨٠ - هـ١) } ÷ جا هـ١

طول الضلع رقم (٢) = { ل × جا (١٨٠ - ٢هـ١) ÷ جا هـ١

وهكذا .... حتى نصل إلى نقطة التماس الثانية .

٣ - يتم عمل جدول يوضع في العمود الأول المحطات المختلفة وفي العمود الثاني طول الوتر المقترح وغالباً يساوي٢٠ متراً وفي العمود الثالث يسجل فيه زاوية الانحراف وتقاس من خط التماس الأول إلى النقطة المطلوبة وفي العمود الرابع يسجل فيه الأطوال المختلفة من نقطة المحطة حتى النقاط المختلفة على المنحنى .

ثانياً : العمل الحقلي :

١ - يتم اختيار نقطة المحطة وغالباً تكون نقطة التماس الأولى (أ) ويتم احتلالها بجهاز المحطة .

٢ - يتم توجيه خط النظر للمحطة مع خط التماس الواصل من النقطة المحتلة (أ) ونقطة تقاطع المماسين وتصفير الجهاز عندها .

٣ - يتم التوجيه إلى النقطة المطلوب توقيعها بزاوية مقدارها (هـ١) .

٤ - يتحرك المساح بالعاكس على اتجاه خط النظر ونرصد مسافة فيبين لنا الجهاز بعد العاكس عن النقطة وهل هو للأمام أم للخلف فيتحرك المساح بالعاكس حتى تكون المسافة مساوية للمسافة المسجلة بالجدول .

٥ - نكرر العمل السابق في النقاط (٢ ، ٣ ، ٤ ، ....) حتى نوقع النقاط المتتالية على المنحنى المطلوب .

٦ - وهكذا حتى نصل إلى نقطة التماس الثانية .

٧ - للتأكد من العمل تقاس المسافة بين النقطة الأولى ونقطة التماس ويجب أن تساوي الوتر الجزئي الأول أما المسافة بين النقاط المتتالية والتي تم توقيعها على المنحنى فيجب أن تساوي ٢٠ متراً .

مزايا العمل بجهاز المحطة :

أي خطأ في توقيع أي نقطة على المنحنى لا يؤثر على توقيع جميع النقاط الأخرى .

مثال :

عين المقادير اللازمة لتخطيط منحنى نصف قطره ٦٠٠ متراً بأوتاد متساوية كل منها ٢٠ متراً وذلك بجهاز المحطة علماً بأن زاوية تقاطع المماسين ٣٦َ ٢٤ْ وتدرج نقطة تقاطع المماسين = ٧٣,٨٨ طرحة شريط .

الحـــــــــــــــل

ف = نق × ظا هـ/٢ = ٦٠٠ ظا (٣٦َ ٢٤ْ) /٢ = ١٣٠,٨ متراً = ١٣٠,٨ / ٢٠ = ٦,٥٤ طرحة شريط

تدريج نقطة التماس الأولى = ٧٣,٨٨ - ٦,٥٤ = ٦٧,٣٤ طرحة

طول الوتر الجزئي الأول = ٦٨ - ٦٧,٣٤ = ٠,٦٦ طرحة = ١٣,٢ متراً

هـ ج = (١٧١٨,٩ × ١٣,٢) ÷ ٦٠٠ = ٣٧,٨١َ

هـ ١ = (١٧١٨,٩ × ٢٠) ÷ ٦٠٠ = ٥٧,٣٠َ

يتم حساب جميع زوايا الانحراف حتى نصل إلى الانحراف الأخير ويجب أن يكون أقل من (هـ / ٢)

وهكذا حتى نصل إلى نقطة التماس الأخيرة = (هـ / ٢)

يتم بعد ذلك حساب الأطوال المختلفة المطلوب من نقطة المحطة إلى النقاط المختلفة على المنحنى .

طول الضلع رقم ١ = { ل × جا (١٨٠ - هـ ج) } ÷ جا هـ ١

طول الضلع رقم ٢ = { ل × جا [١٨٠ - (هـ ج + هـ ١)] } ÷ جا هـ ١

طول الضلع رقم ٣ = { ل × جا [١٨٠ - (هـ ج + ٢ هـ ١)] } ÷ جا هـ ١

طول الضلع رقم ٤ = { ل × جا [١٨٠ - (هـ ج +٣ هـ ١)] } ÷ جا هـ ١

وهكذا حتى نصل إلى نقطة التماس الثانية وهي تكون تقريباً مساوية لطول المنحنى

طول المنحنى (ق) = ٠,٠١٧٤٥ × هـ ْ × نق

ق = ٠,٠١٧٤٥ × ٣٦َ ٢٤ْ × ٦٠٠

ق = ٢٥٧,٥٦ متراً

طول الضلع رقم ١ = {٢٠× جا (١٨٠ - ٣٧,٨١َ) } ÷ جا ٥٧,٣٠َ = ١٣,٢ متراً

طول الضلع رقم ٢ = { ٢٠ × جا [١٨٠ - (٣٧,٨١َ+ ٥٧,٣٠َ)] } ÷ جا ٥٧,٣٠َ = ٣٣,٢ متراً

طول الضلع رقم ٣ = { ٢٠ × جا [١٨٠ - (٣٧,٨١َ+ ٢× ٥٧,٣٠َ)] } ÷ جا ٥٧,٣٠َ= ٥٣,١٨ متراً

طول الضلع رقم ٤ = { ٢٠ × جا [١٨٠ - (٣٧,٨١´+٣ × ٥٧,٣٠´)] } ÷ جا ٥٧,٣٠´ =٧٣,١٥ متراً

ضلع رقم ٥ = ٩٣,١٠ متراً ‏ ‏ ‏ ‏ ضلع رقم ٦ = ١١٣,٠٣ متراً

ضلع رقم ٧ = ١٣٢,٩٣ متراً ‏ ‏ ‏ ‏ ضلع رقم ٨ = ١٥٢,٧٩ متراً

ضلع رقم ٩ = ١٧٢,٦٠ متراً ‏ ‏ ‏ ‏ ضلع رقم ١٠ = ١٩٢,٣٧ متراً

ضلع رقم ١١ = ٢١٢,٠٩ متراً ‏ ‏ ‏ ‏ ضلع رقم ١٢ = ٢٣١,٧٤ متراً

ضلع رقم ١٣ = ٢٥١,٣٣ متراً ‏ ‏ ‏ ‏ ضلع رقم ١٤ = ٢٥٥,٦٣ متراً

طول الضلع الأخير = { ٢٠ × جا (١٨٠ - هـ/٢) } ÷ جا هـ ١ = ٢٥٥,٦٣ متراً

جدول التوقيع بالطبيعة

النقطة	طول الوتر	زاوية الانحراف	طول الضلع من المحطة للنقطة المطلوبة
١	٢٠	٤٨,٦″ ٣٧´ ٠٠°	١٣,٢
٢	٢٠	٦,٦″ ٣٥´ ٠١°	٣٣,٢
٣	٢٠	٢٤,٦″ ٣٢´ ٠٢°	٥٣,١٨
٤	٢٠	٤٢,٦″ ٢٩´ ٠٣°	٧٣,١٥
٥	٢٠	٠,٦″ ٢٧´ ٠٤°	٩٣,١٠
٦	٢٠	١٨,٦″ ٢٤´ ٠٥°	١١٣,٠٣
٧	٢٠	٣٦,٦″ ٢١´ ٠٦°	١٣٢,٩٣
٨	٢٠	٥٤,٦″ ١٨´ ٠٧°	١٥٢,٧٩
٩	٢٠	١٢,٦″ ١٦´ ٠٨°	١٧٢,٦٠
١٠	٢٠	٣٠,٦″ ١٣´ ٠٩°	١٩٢,٣٧
١١	٢٠	٤٨″ ١٠´ ١٠°	٢١٢,٠٩
١٢	٢٠	٦,٦″ ٠٨´ ١١°	٢٣١,٧٤
١٣	٢٠	٢٤,٦″ ٠٥´ ١٢°	٢٥١,٣٣
١٤	٢٠	هـ/٢ = ١٨´ ١٢°	٢٥٥,٦٣

التمرين العملي الخامس

الغرض من التمرين :

توقيع المنحنى الأفقي البسيط بالطبيعة باستخدام المحطة المتكاملة (طريقة زوايا الانحراف)

الأدوات والأجهزة المستخدمة :

١ - جهاز المحطة المتكاملة .

٢ - ٢ عاكس بالحامل .

٣ - أوتاد ومطرقة ومسامير .

خطوات العمل :

١ - يتم اختيار محورين لطريقين مستقيمين متقاطعين في الطبيعة بحيث يكونان مناسبين لمساحة وطبيعة موقع التنفيذ ، ثم نضع أوتاداً في كل منهما .

٢ - نوقع نقطة التقاطع (ط) كما سبق شرحه وهو بفرد خيط على نهايتي كل من المحورين ومدهما حتى يتقاطعا في نقطة (ط) ثم نثبت عندها وتداً ثم نثبت في رأس الوتد مسماراً ثم نضع شاخصاً بالحامل على نقطة (ط) .

٣ - يتم قياس زاوية الانحراف على نقطة (ط) .

٤ - يتم فرض قيمة مناسبة لنصف قطر المنحنى (نق) للتمرين .

٥ - نوقع نقطتي التماس (م١ ، م٢) ويتم ذلك بحساب طول المماس (ف) من المعادلة (ف = نق ظا هـ/٢) . ثم نوقع هذا الطول من نقطة التقاطع (ط) في اتجاه المحور الأول لنحصل على نقطة التماس الأولى (م١) ثم نوقع نفس الطول من نقطة التقاطع (ط) وفي اتجاه المحور الثاني لنثبت نقطة (م٢) ثم ندق أوتاداً عند (م١ ، م٢) ونثبت في رأس كل وتد مسماراً .
ثم نضع عاكساً بالحامل فوق نقطة (م٢) .

٦ - يتم حساب جدول التوقيع بالطبيعة كما في الأمثلة السابقة وهو كالآتي :

أ - نعين محطة نقطة التقاطع (ط) وهي المسافة الأفقية على محور المشروع الأول بداية من أول نقطة على المشروع الأول (محطة الصفر) إلى نقطة تقاطع المحورين (ط) .

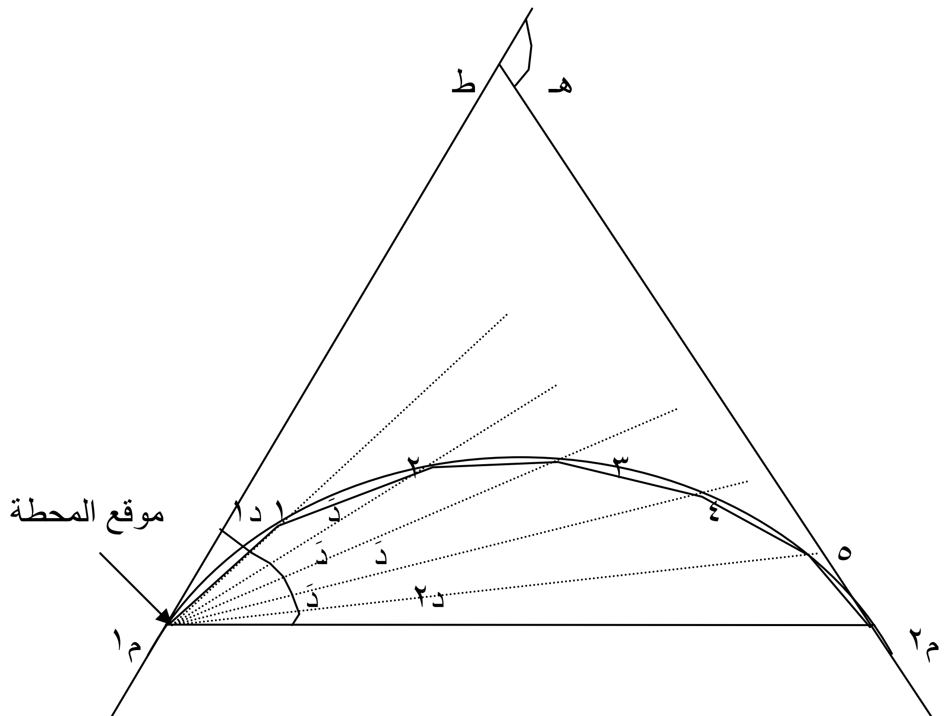
ب - نحسب طول المنحنى { ل = (ط × نق × هـ) ÷ ١٨٠° } ويكون طول المماس (ف) محسوباً سابقاً وبالتالي يمكن حساب محطتي نقطتي التماس (م١ ، م٢) .

جـ - نحسب أطوال الأضلاع من المحطة للنقاط على المنحنى كما في المثال السابق ، فنختار طول الوتر الجزئي الأول (و١) بحيث تكون محطة النقطة الأولى على المنحنى رقما مدورا يقبل القسمة على ١٠ م أو ٢٠ م بشرط أن يكون طول هذا الوتر ـ وكذلك طول أي وتر جزئي آخر ـ أقل من قيمة (نق/٢٠) ثم نختار طولاً واحداً مناسباً للأوتار الجزئية الوسطى (وَ) بحيث تكون محطات نقاط المنحنى ذات أرقام مدورة وفي الغالب نختار طول (وَ) يساوي ١٠م أو ٢٠م أيهما أقل من (نق/٢٠) ونختار طول الوتر الجزئي الأخير (و٢) بحيث يكمل مع طول الوتر الجزئي الأول (و١) ومجموع الأوتار الجزئية الوسطى (ن × وَ) طول المنحنى الكلي (ل) .

د - وبمعرفة نصف قطر المنحنى (نق) وأطوال الأوتار الجزئية نستطيع أن نحسب زوايا الانحراف المقابلة لكل وتر جزئي عند نقطة التماس (م١) .

هـ - يتم حساب أطوال الأضلاع من المحطة عند نقطة (م١) إلى النقاط على المنحنى .

٧ - نقوم بعملية التوقيع لنقط المنحنى كما بالشكل التالي وهي كالآتي :



أ - نثبت جهاز المحطة المتكاملة فوق نقطة (م١) ونعمل ضبطاً مؤقتاً له ثم نوجه المنظار نحو نقطة (ط) ونصفر الدائرة الأفقية .

ب - ندير منظار المحطة إلى اليمين زاوية أفقية مقدارها (د١) وعلى هذا الاتجاه تقع نقطة المنحنى الأولي (١) يمسك المساح عاكساً ويتحرك في اتجاه المنظار ويتم توجيهه وقياس المسافة فيبين لنا الجهاز مقدار المسافة التي يجب أن يتحركها وكذلك في أي جهة إلى أن نصل إلى مسافة الضلع المحسوب فتكون نقطة المنحنى رقم (١) فنثبت عندها وتداً .

جـ - ندير المنظار من هذا الاتجاه إلى اليمين زاوية أفقية مقدارها (دَ) فتكون قراءة الدائرة الأفقية للمحطة هي (د١ + دَ) ثم نحرك العاكس على هذا الاتجاه حتى نحصل على المسافة الثانية فتكون نقطة المنحنى رقم (٢) فنثبت عندها وتداً .

د - ندير المنظار إلى اليمين زاوية أفقية مقدارها (دَ) وتكون قراءة الدائرة الأفقية هي (د١ + ٢دَ) ثم نحرك العاكس على هذا الاتجاه حتى نحصل على المسافة الثالثة فتكون نقطة المنحنى رقم (٣) فنثبت عندها وتداً .

هـ - نستمر على هذا المنوال حتى نثبت النقطة الأخيرة على المنحنى .

مسائل عامة

١ - منحنى دائري بسيط نصف قطره ٢٢٥ متراً يصل بين محوري طريقين مستقيمين متقاطعين عند نقطة التقاطع (ط) بزاوية انحراف مقدارها ٣٠° .
احسب أجزاء المنحنى البسيط ؟

٢ - منحنى دائري بسيط نصف قطره ١٧٥ متراً يصل بين محوري طريقين مستقيمين متقاطعين عند نقطة التقاطع (ط) بزاوية انحراف مقدارها ٤٥َ ٤٠° .
احسب أجزاء المنحنى البسيط ؟

٣ - منحنى دائري بسيط نصف قطره ٢٤٥ متراً يصل بين محوري طريقين مستقيمين متقاطعين بزاوية مقدارها ٤٤° . والمطلوب حساب العناصر اللازمة لتوقيع المنحنى بطريقة الإحداثيات من المماس ؟ إذا علم أن المسافة بين النقط ٢٠ متراً .

٤ - منحنى دائري بسيط نصف قطره ١٤٠ متراً يصل بين محوري طريقين مستقيمين متقاطعين وزاوية الانحراف بينهما ٤٨° . والمطلوب حساب العناصر اللازمة لتوقيع المنحنى بطريقة الإحداثيات من المماس ؟ إذا علم أن المسافة بين النقط ١٠ متراً .

٥ - منحنى دائري بسيط نصف قطره ١٥٠ متراً يصل بين محوري طريقين مستقيمين متقاطعين عند نقطة التقاطع (ط) بزاوية انحراف مقدارها ٨٠° . والمطلوب حساب المعلومات اللازمة لتخطيط المنحنى على مسافات متساوية بين النقاط تساوي ٢٠ متراً بطريقة الإحداثيات من الوتر الكلي ؟

٦ - منحنى دائري بسيط نصف قطره ٢١٠ متراً يصل بين محوري طريقين مستقيمين متقاطعين بزاوية انحراف مقدارها ٢٨° ومحطة نقطة التقاطع (ط) هي ١٩٩٤,٥٩ متراً . والمطلوب حساب كل المعلومات اللازمة لتوقيع المنحنى باستعمال التيودوليت والشريط مع عمل التحقيق الحسابي وتدوين النتائج في جدول التوقيع بالطبيعة ؟

٧ - احسب كل المعلومات اللازمة لتوقيع المنحنى الأفقي البسيط باستخدام المحطة المتكاملة إذا كان نصف قطر المنحنى يساوي ٢٤٠ متراً وزاوية الانحراف ٢٠° مع تدوين النتائج في جدول التوقيع بالطبيعة ؟

التوقيع المساحي

المنحنيات الرأسية

المنحنيات الرأسية

٢

الوحدة الثانية : المنحنيات الراسيه

الجدارة :

أن يتعرف المتدرب على أنواع المنحنيات الرأسية وكذلك أجزاء المنحنى الرأسي وكيفية حساب نقاط المنحنى الرأسي.

الأهداف:

بنهاية هذا التمرين سيتمكن المتدرب بإذن الله من معرفة أنواع المنحنيات الرأسية وكيفية حساب مناسيبها.

مستوى الأداء :

أن يصل المتدرب إلى نسبة ١٠٠٪ من الهدف وهو التعرف على أنواع المنحنيات الرأسية وكيفية حساب مناسيبها .

الوقت المتوقع للتدريب :

٦ ساعات

الوسائل المساعدة :

١ - اتباع الأساليب المذكورة في هذه الوحدة .

٢ - حل الأمثلة لتحقيق الجدارة المطلوبة .

المنحنيات الرأسية

❖ كثيرا ما يلزم الأمر عمل سطح الإنشاء للطرق أو للسكك الحديدية في أرض يتغير انحدارها على هيئة مستويين يتقابلان في خط مستقيم . في هذه الحالة يجب أن يتخذ خط الإنشاء صورة منحنى رأسياً لتلافي هذا التغير الفجائي في سطح الأرض وإعطاء معدل تغير منتظم في الانحدار . وبذا تنساب العربات والقطارات دون أن تشعر أو تعاني من رجات واهتزازات فجائية عند تلاقي الانحدارين المختلفين .

كما يجب أن تكون هناك مسافة رؤية مناسبة في المنحنيات المحدبة وفي المنحنيات المارة تحت المنشآت . والمنحنى الرأسي يتخذ عادة شكل قطع مكافئ بسيط محوره رأسي .وقد وجد أن القطع المكافئ هو أحسن المنحنيات التي تصل الانحدارين نظرا لسهولة تطبيقه و لخواصه الهندسية التي تتفق ومتطلبات المنحنى الرأسي وأهمها تكوين معدل تغير منتظم في انحدار الطريق . والواقع أنه حديثا قد أدخل استعمال القطع المكافئ من الدرجة الثالثة وخاصة في تقاطع الوديان .

ويكون تلاقي الانحدارين في منتصف المنحنى بحيث يكون نصفه مع الانحدار الأول ونصفه الثاني مع الانحدار الثاني ويعتمد طول المنحنى الرأسي على عدة عوامل أهمها :

١ - معدل التغير في الانحدار بين جزئي الطريق .

٢ - معدل السرعة على الطريق .

٣ - طبوغرافيا الأرض ودرجة الطريق نفسه .

٤ - نوع المنحنى المستخدم (مقعر أو محدب) .

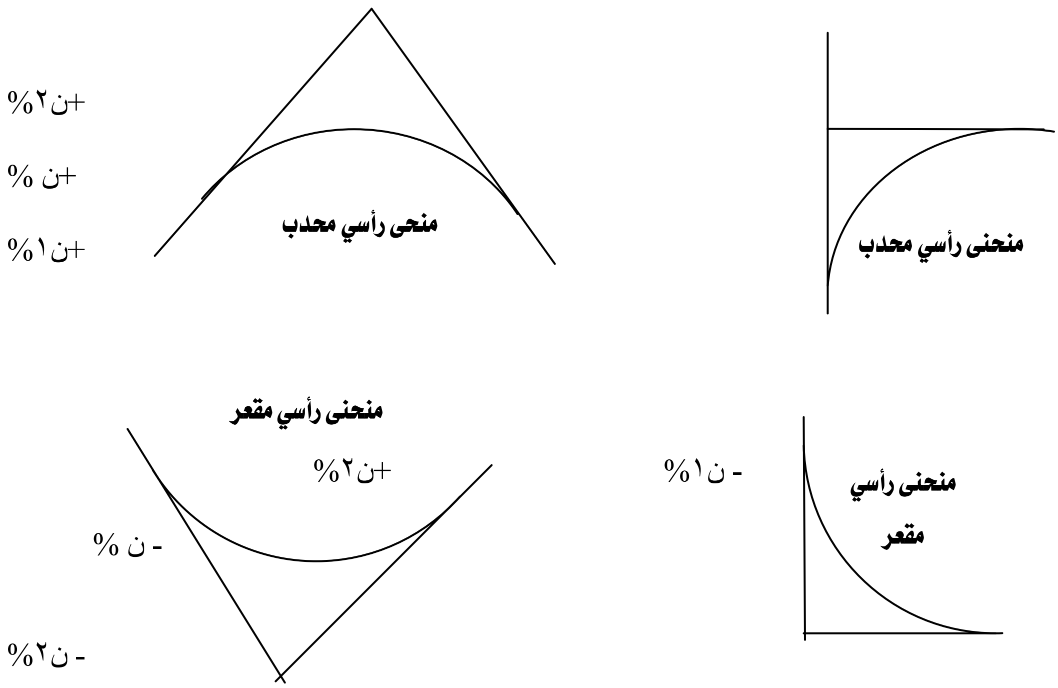
٥ - مسافة الرؤية .

أنواع المنحنيات الرأسية

الرسم التالي يبين الأنواع الأربعة المختلفة التي يمكن أن تقابلها في المنحنيات الرأسية وذلك من ناحية ترتيب وإشارات الانحدار وعموما يمكن تقسيمها إلى نوعين :

١ - منحنيات رأسية محدبة .

٢ - منحنيات رأسية مقعرة .



أجزاء المنحنى الرأسي

الأجزاء الأساسية هي :

١ - طول المنحنى (ل) وهو الطول الأفقي بين نهايتي المنحنى الرأسي شكل (١) .

٢ - معدلا الانحدارين ن١ ، ن٢ كل ١٠٠ متر وتكتب بصورة نسبة مئوية شكل (١) أو يعطى معدل الانحدار في صورة قيم معلومة لكل مسافة أفقية وبإشارة محددة وأحيانا يعبر عنهما بزاوية فرق الانحدارين للخطين المستقيمين .

٣ - معدل التغير في الانحدار (م) .

٤ - بداية ونهاية المنحنى الرأسي هـ ، و . شكل (٢) .

٥ - قمة المنحنى ب شكل (٢) .

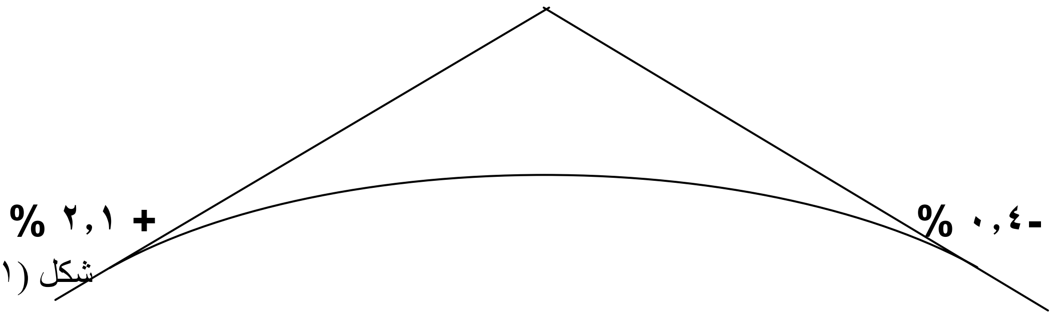
طول المنحنى :

في شكل (٢) إذا فرض أن الانحدارين من هـ ، ويتقابلان في نقطة جـ ومعدلي الانحدارين هما ن١ ، ن٢ متر في كل ١٠٠ متر .

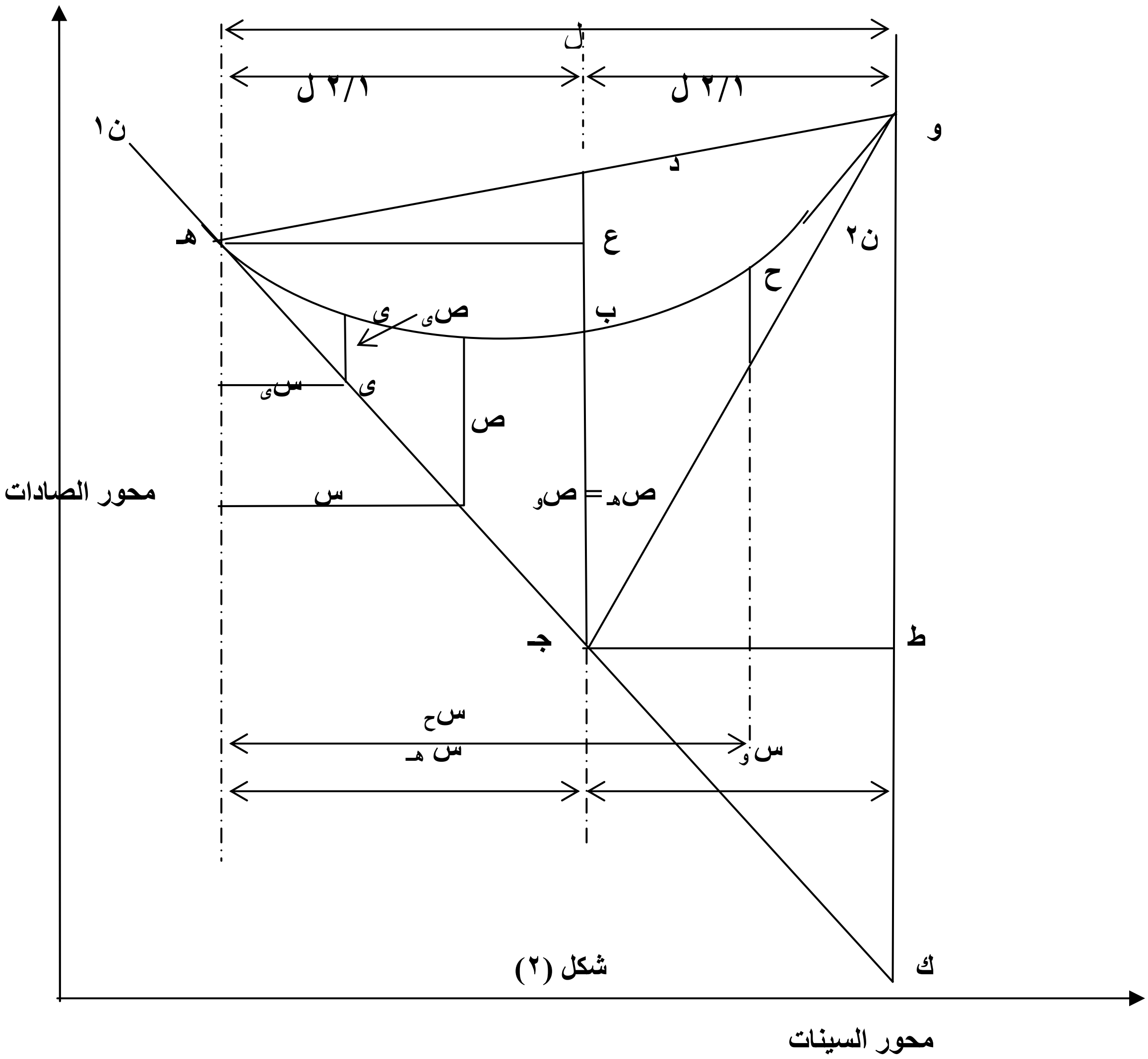
والمطلوب إيصالهما بمنحنى رأسي يعطى معدل تغير في الانحدار قدره م كل ١٠٠ متر فإن :

طول المنحنى (ل) = {(ن١ - ن٢) ÷ معدل التغير (م) } × ١٠٠

مع مراعاة إشارات الانحدار (موجبة لأعلى وسالبة لأسفل).


+ ٢,١ %
-٠,٤ %

شكل (١)


ل
١/٢ ل
١/٢ ل
ن١
و
د
هـ
ع
ن٢
ح
صى ى
ب
سى
ى
ص
محور الصادات
س
صهـ= صو
جـ
ط
سح
س هـ
سو
ك
محور السينات

شكل (٢)

مثال (١) :

يراد توصيل الانحدار إلى أعلى قدره ٢,١ % وانحدار إلى أسفل مقداره (- ٠,٤%) بمنحنى رأسي بمعدل تغير في الانحدار قدره (٠,١) ، فما طول المنحنى ؟

الحـــــــل

ل = { (٢,١ - (- ٠,٤)) ÷ ٠,١ } × ١٠٠ = ٢٥٠٠ متر

خواص القطع المكافئ :

أولا :

معادلة القطع المكافئ بالنسبة لأي محورين متعامدين هي :

ص = أ س ٢ + ب س + جـ

و قيمة (أ) تحدد تفلطح المنحنى ، أما إشارتها فتحدد اتجاه الانحناء ، فإذا كانت موجبة يكون المنحنى مقعرا ، وإن كانت سالبة فإنه يكون محدبا .

ميل المنحنى عند أي نقطة عليه = دص ÷ دس = ٢ أ س + ب

ثانيا :

معدل تغير الانحدار (م) :

م = د ٢ ص ÷ د ٢ س = ٢ أ = (ن ١ - ن ٢) ÷ ل

وبذا فإن معدل تغير الميل أو الانحدار في القطع المكافئ الرأسي يكون ثابتا على طول المنحنى جميعه ، وهذا هو الشرط المطلوب في المنحنيات الرأسية .وبتحديد قيمة (٢ أ) يتحدد المنحنى الرأسي .

ثالثا :

الفرق بين منسوب نقطة على المنحنى الرأسي ومنسوب النقطة المقابلة لها على المماس =

= المقدار الثابت (أ) × مربع المسافة الأفقية للنقطة من نقطة التماس . فمثلا .

ى ى ١ = أ ص ى = أ س ٢ ى = ص هـ . {(س ى) ٢ ÷ (٠,٥ ل) ٢ }

ص ى = أ س ٢ ى = ص هـ .{(س ى) ٢ ÷ (٠,٥ ل) ٢ } = { س ٢ ى (ن ١ - ن ٢) } ÷ ٢ل

رابعا :

إذا رسمنا مماسين من أي نقطة مثل جـ ، فإن نقطتي التماس تكونان على بعدين أفقيين متساويين من هذه النقطة .

خامسا :

ينصف المنحنى الخط الرأسي الواصل بين نقطتي تقاطع المماسين ومنتصف الوتر الواصل بين نقطتي التماس .

و ك = ٢ د جـ

سادساً :

إذا كانت هـ نقطة الابتداء تعتبر كنقطة الأصل فإن المعامل جـ في معادلة القطع = صفر

معادلة القطع بالنسبة لنقطة التماس

$$ص = أ س^{٢} + ن_{١} س$$

سابعاً :

العلاقة بين $ن_{١}$ ، $ن_{٢}$ ، ل ، $ص_{هـ}$

$$ص_{هـ} = (ن_{١} - ن_{٢}) \times (ل \div ٨)$$

مثال :

منحنى رأسي يصل بين انحدارين $ن_{١}$ = - ١ ٪ ، $ن_{٢}$ = + ١ متر كل ٣٠٠ متراً فإذا كان منسوب المنحنى عند منتصف طوله = ١١٩٫٣٥٠ ومنسوب نقطة تقاطع الانحدارين = ١١٨٫٩٥ أوجد طول المنحنى ؟

الحـــــــل

$ص_{هـ}$ = - ١١٩٫٣٥٠ + ١١٨٫٩٥٠ = - ٠٫٤٠ متر

$ص_{هـ} = (ن_{١} - ن_{٢}) \times (ل \div ٨)$

ل =٨ $ص_{هـ} \div (ن_{١} - ن_{٢})$ = (- ٨ × ٠٫٤) ÷ (-١ - ٣/١) = (٣٫٢٠ × ٣) ÷ ٤ = ٢٫٤ بمئات الأمتار

إذن طول المنحنى = ٢٤٠ متراً

حساب مناسيب نقط المنحنى

لإيجاد مناسيب نقط المنحنى نتبع الخطوات الآتية (شكل ٣) .

١ - نوجد منسوب أول وآخر نقطة (هـ ، و) على المنحنى وذلك بمعلومية معدل الانحدارين (ن ١، ن ٢) ومنسوب و .

٢ - نأتي بمنسوب نقطة د .

منسوب د = ٢/١ (منسوب هـ + منسوب و)

٣ - منسوب ب (على المنحنى) = ٢/١ (منسوب د + منسوب نقطة التقاطع جـ)

٤ - المسافة ص هـ = منسوب جـ - منسوب ب .

٥ - لحساب منسوب أي نقطة على المنحنى .

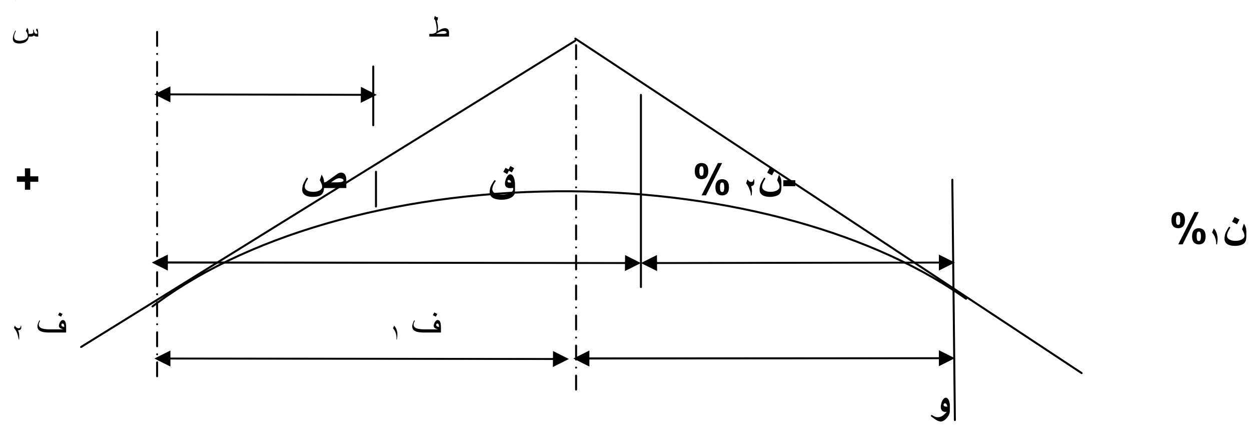
لدينا ص هـ = أ س ٢ هـ = أ × (ل ٢ /٤)

٦ - يقسم المنحنى إلى أقسام متساوية بحيث تكون نقطة(جـ) نهاية أحد الأقسام وفي منتصف المنحنى فإذا اعتبرنا هذه الأقسام هي وحدات الإحداثي السيني فيمكن الحصول على المقدار الثابت أ .

٧ - بالتعويض بالقيم المختلفة للمقدار(س) في المعادلة (ص = أ س ٢) فنحصل على قيم (ص) المقابلة وبطرح هذه القيم من مناسيب خط الانحدار نحصل على مناسيب النقط المختلفة على المنحنى الرأسي ويمكن تحقيق هذه القيم بإيجاد منسوب نقطة هـ .

إيجاد أعلى أو أدنى نقطة على المنحنى :

قد يكون من الضروري أحياناً إيجاد أعلى نقطة على المنحنى و منسوبها وذلك في حالة المنحنيات المحدبة ، أو أدنى نقطة في حالة المنحنيات المقعرة . كما بالشكل التالي :



معدل التغير (م) = (ن ١ - ن ٢) ÷ ل

ميل المماس عند أعلى أو أدنى نقطة = صفر

فإذا فرض أن ق هي أعلى نقطة على مسافة ف من هـ فإن :

طول المنحنى الجزئي بين هـ ، ق = ف =الفرق الجبري بين ميلي المماسين عند ق ، هـ ÷ م

= (ن١ - صفر) ÷ م

لأن الميل عند ق = صفر

وبالتعويض عن م فإن :

ف = (ل ن ١) ÷ (ن ١ - ن ٢) =المسافة من أول المنحنى حتى أعلى نقطة أو أدنى نقطة

وبالمثل :

ف١ = (ل ن ٢) ÷ (ن١ - ن ٢) = المسافة من نهاية المنحنى حتى أعلى أو أدنى نقطة

منسوب قمة المنحنى = منسوب ط (على المماس) - ص ق

مثال :

لو كان انحدار المماسين لمنحنى رأسي هما + ٣,٠٠ ٪ ، - ٢,٠٠ ٪ ، وطول المنحنى ٤٠٠ متراً فإن أعلى نقطة تكون على بعد ف من أول المنحنى .

الحـــــل

ف = (٤ × ٣) ÷ (٣ - (- ٢)) = ٢,٤ بمئات الأمتار

ومن آخر المنحنى ف ١ = (٤ × ٢) ÷ (٣ - (- ٢)) = ١,٦ بمئات الأمتار

المراجع

١ - مبادئ وتطبيقات المساحة ٢٠٠١ م أ . د . يوسف إبراهيم عبد العزيز

٢ - المساحة الطبوغرافية ١٩٩١ م د . علي شكري - د . محمود حسني - د . محمد رشاد

٣ - المساحة الجيوديسية ١٩٨٢ م أ . د . عبداللطيف الصباح

٤ - مذكرات سابقة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

المحتويات

الفهرس

تقدر المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني الدعم

المالي المقدم من شركة بي آيه إي سيستمز (العمليات) المحدودة

GOTEVOT appreciates the financial support provided by BAE SYSTEMS

BAE SYSTEMS